



ABHANDLUNGEN

ISSN 0378-0864

ISBN 3-85316-003-4

1999
BAND 55

MANFRED LEUTNER

WISSENSCHAFTSTHEORETISCHE FALLSTUDIEN
ZUR ENTWICKLUNG DER
ERDWISSENSCHAFTLICHEN FORSCHUNG
IN ÖSTERREICH

Wilhelm HAIDINGER – Franz VON HAUER – Otto AMPFERER

16 Abbildungen



Geologische Bundesanstalt

Titelbild

Porträts von Wilhelm HAIDINGER, Franz VON HAUER und Otto AMPFERER aus dem Archiv der Geologischen Bundesanstalt

Alle Rechte für In- und Ausland vorbehalten.
Medieninhaber, Herausgeber und Verleger: Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23, A-1031 Wien.



Für die Redaktion verantwortlich: Dr. Albert Daurer.

Umschlagentwurf: Dr. Albert Daurer.

Verlagsort: Wien.

Herstellungsort: Horn, N.Ö.

Ziel der „Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt“
ist die Dokumentation und Verbreitung erdwissenschaftlicher Forschungsergebnisse.
Satz, Gestaltung und Druckvorbereitung: Geologische Bundesanstalt.
Druck: Ferdinand Berger & Söhne Ges. m. b. H., A-3580 Horn



Wissenschaftstheoretische Fallstudien zur Entwicklung der erdwissenschaftlichen Forschung in Österreich: Wilhelm Haidinger – Franz von Hauer – Otto Ampferer

MANFRED LEUTNER*)

16 Abbildungen

*Österreich
Wissenschaftsgeschichte
Wissenschaftstheorie
Erdwissenschaften*
Inhalt

Zusammenfassung	3
Abstract	4
1. Vorbemerkungen	5
2. Wissenschaftstheoretische und -historische Betrachtungen der Erdwissenschaften	6
3. Wilhelm HAIDINGER (1795–1871) – Mineralogische Terminologie, Nomenklatur und Systematik	12
4. Franz VON HAUER (1822–1899) – Empirisch-induktive Paläontologie und (Real)Historische Geologie	35
5. Otto AMPFERER (1875–1947) – Hypothesen- und Theorienbildung im ostalpinen Orogen	56
6. Die Angewandten Geowissenschaften der Gegenwart	79
Literatur	85

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird anhand ausgewählter Fallstudien durch eine Rekonstruktion des komplexen wissenschaftsgeschichtlichen Ablaufes die prozeßlogische Struktur erdwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung dargestellt. Gerade in der durch die Wissenschaftstheorie gelieferten methodischen Erklärung zeigt sich ein interdisziplinärer Ansatz, um die Barrieren zwischen den stark aufgesplitteten Geowissenschaften zu überwinden.

Der besondere vorwissenschaftliche Objektbereich der Geologie, die Erde, macht eine eigene Terminologie erforderlich, mit der die zusammenhängenden Sachverhalte erklärbar werden. Die Notwendigkeit der Konstituierung eines formal-logisch nicht eindeutig festlegbaren Systems qualitativ-deskriptiver Begriffe, einer Fachsprache, die als Weiterentwicklung aus der Alltagssprache hervorgeht und erst die denökonomische Beherrschung dieses komplizierten Wissensgebietes möglich macht, zeigt sich in der ersten Fallstudie. Denn ohne genaue Definition des mit dem Vorgang der Kristallisation verbundenen Begriffes „Individuum“ würde die als „Historia Naturalis“ verstandene Mineralogie keine eigenständige Wissenschaft mehr sein.

Von der allgemeinen Terminologie zu unterscheiden ist die zunächst, analog zur Botanik und Zoologie, mit denen die Mineralogie als rein beschreibende „naturhistorische Elementar-Lehre“ in Zusammenhang gesetzt wird, binäre Nomenklatur. Wilhelm HAIDINGER gelingt der entscheidende Mittelweg zwischen dieser aristotelisch-scholastischen Tradition und den triviellen Namen WERNERS durch die Entwicklung einer spezifischen Nomenklatur, die das babylonische Chaos überwindet und damit auch eine anerkannte mineralogische Systematik ermöglicht. MAOHS entwickelte seine Systematik ausdrücklich als eine Naturgeschichte des Mineralreiches, primär zur Beschreibung und Ordnung der in den Sammlungen aufbewahrten Mineralien aufgrund äußerer Kennzeichen, die den Prinzipien der Einerleiheit, Gleichartigkeit und Ähnlichkeit zugrundeliegen, und damit in bewußtem Gegensatz zur theoretisch begründeten Naturwissenschaft. Seine synthetische Zusammenstellung der Spezies, Geschlechter, Ordnungen und Klassen, beruhend auf dem induktiven BACONschen Rechtfertigungsmodell erfahrungswissenschaftlicher Erkenntnis, wendet sich vor allem gegen die Decreszenztheorie des Atomistikers HAÜY, die den strukturellen Aufbau kristalliner Körper erklärt und deren Verwendung eine Verletzung des naturhistorischen Prinzips darstellen würde.

*) Anschrift des Verfassers: Dr. MANFRED LEUTNER, Universitätsbibliothek der Montanuniversität Leoben, Fachbibliothek für Geowissenschaften, Peter-tunner-Straße 5, A-8700 Leoben.

Auch HAIDINGER versteht die Mineralogie zunächst als rein empirische quantitativ-geometrische Kristallphysik. Der immer umfangreicher werdende Anhang des unvollkommen Bestimmbaren zeigt aber, dass die regelmäßige Form allein zur Charakterisierung eines Kristalles nicht ausreicht und er erkennt, dass die Grenzen des naturhistorischen Systems nur erweitert werden können, indem physikalische und chemische Gesichtspunkte gleichermaßen berücksichtigt werden. Sein „ideales System“ fordert daher, auf den Prinzipien der einen Wissenschaft gegründet, auch den Grundsätzen der anderen zu entsprechen. Die Notwendigkeit einer Mineralchemie ergibt sich schon als Konsequenz der Bedeutung der Pseudomorphosen, mit denen die Frage des Zusammenhanges zwischen äußerer Form und innerer Zusammensetzung verbunden ist, für die Lösung mineralogischer Problemstellungen. Die zunächst deduktiv abgeleitete anogene und katogene Genese der Pseudomorphosen wird durch den experimentellen Nachweis der Umwandlung von Calcit in Dolomit auf eine empirische Basis gestellt.

Die Erkenntnis, dass die Natur, was sie im Kleinen vermag, auch im Großen ausführen kann, liefert zugleich die wissenschaftlich begründete Erklärung für die Metamorphose, die bis zu diesem Zeitpunkt ein rein spekulatives Element der Theorie der Gesteinsbildung war. Die Unmöglichkeit einer adäquaten Berücksichtigung der Faktoren Raum und Zeit zeigt zugleich, dass das geowissenschaftliche Experiment immer nur die näherungsweise Simulation eines natürlichen Ereignisses sein kann. Darin liegt auch die Bedeutung der klassischen geologischen Arbeitsweise, der Geländeaufnahme, begründet. In der feldgeologischen Beobachtung als geplanter und normierter Tätigkeit beeinflusst die bereits vorhandene wissenschaftliche Theorie die kognitiven Prozesse der visuellen Wahrnehmung und deren Ergebnis, die geologische Karte, die über die eigentliche Deskription hinausgehend stets auch einen hypothetischen Anteil enthält.

Die Konstituierung der mineralogischen Terminologie, Nomenklatur und Systematik erweist sich als notwendige Vorbedingung für die planmäßige Erforschung der Zusammenhänge der Natur, die sich die neu gegründeten wissenschaftlichen Gesellschaften zur Aufgabe gemacht hatten. Mit ihrer rein phänomenologischen Beobachtung stellt sie ein Musterbeispiel für eine empirische Erfahrungswissenschaft schlechthin dar und überwindet damit die spekulative Geologie der deutschen Naturphilosophie. Die Beschreibung von Versteinerungen ist jedoch zunächst nicht mehr und nicht weniger als eine Gliederung, die auch rein räumlich verstanden werden kann. Erst durch die Deszendenztheorie offenbart sich eine Lebensgeschichte der Fossilien und erhält die Stratigraphie eine historische Dimension, wird zur Erd-Geschichte, die einen wissenschaftlich begründeten Ansatz für die Auflösung von Schichtfolgen ermöglicht. Bis zu diesem Zeitpunkt galten die alpinen Sedimente als Ausnahme der sonst in der Natur geltenden Gesetzmäßigkeiten. Auf induktivem Weg gelingt Franz von HAUER mit Hilfe von Cephalopoden die Gliederung des Alpenkalkes und in völliger Analogie die Unterteilung des Wiener Sandsteines durch die genaue deskriptive Untersuchung der Nummuliten. Gleichzeitig erweist sich die Vollständigkeit der fossilen Formenreihe als notwendige analytische Grundlage zum Beweis der Abstammungslehre. Hatte schon die Primordiaalfauna des böhmischen Silurs und die in der Colonien-Theorie postulierte Faunenimmigration, sowie die damit äquivalente Fragestellung des gemeinsamen Vorkommens von Ammoniten und Orthoceratiten, dazu geführt, dass die Kataklysmentheorie durch Zusatzhypothesen gerettet werden mußte, zeigen die Congerischichten des Wiener Beckens die unmittelbare Anwendbarkeit der DARWINSchen Theorie auf die paläontologische Forschung. Aber schon Eduard SUESS hat einen radikalen Uniformitarianismus abgelehnt und den Katastrophen eine gewisse Berechtigung in der Erdgeschichte zugesprochen. In diesem Sinne kann er als Vorläufer des Neokatastrophismus gelten, der sich mit den Arbeiten von ALVAREZ durchsetzte und die wahren Elemente von Aktualismus und Kataklysmentheorie in sich vereint.

Mit der Kontraktionstheorie stellt SUESS die Gebirgsbildung in einen globalen Zusammenhang. Sie bildet die Basis für die SCHARDT-LUGEONsche Überfaltungshypothese, mit deren Kritik daher Otto AMPFERER auch konsequenterweise seine berühmte Abhandlung „Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen“ (1906) einleitet, wobei er den Ferndeckenschub keineswegs gänzlich ablehnt. Als Ansatzpunkte zur Umkonstruktion der bisherigen Gebirgsbildungstheorie dienen ihm dabei Erscheinungen, die von dieser nicht oder nur unzureichend erklärt werden können. Die Aufnahmsgeologie liefert ihm induktiv die Grundelemente für die Gleitfaltung als Teilelement seiner neuen Theorie, in der die Faltung als Funktion der betreffenden Gesteine und der Erdgröße aufgefaßt wird. Das Fehlen der Gleitbahnen als Transportmechanismus des mechanischen Vorgangs der Gleitung im Schweregefälle zwingt ihn aber schon, die Berechtigung dieser tektonischen Vorstellung in der empirischen Erfahrung feldgeologisch zu erbringen. Der Methodenweise von Analyse und Synthese entsprechend gewinnt er das zweite Element seines geomechanischen Erklärungsmodells durch Deduktionen geometrischer Art. Das wesentlich Neue an der Unterströmung besteht darin, dass erstmals nicht nur ein Materialzuwachs aus dem Untergrund, sondern auch der umgekehrte Vorgang möglich wird. Auf dem Weg vom Nappismus zur Deckenlehre nimmt er zwei wesentliche Änderungen vor, indem er die Liegfalten durch Schub- oder Gleitdecken und die Wurzelzonen durch Verschluckungszonen ersetzt. Zur vollständigen Auflösung des orogenetischen Geschehens benötigt er aber noch weitere Erklärungsmechanismen, wie die Reliefüberschiebung, mit der tektonische und morphologische Analyse verknüpft werden. Sie ergibt sich allerdings nicht mehr einfach aus den empirischen Geländebeobachtungen des Stanser Joches, sondern setzt bereits das Vorhandensein einer Theorie voraus. Die Unterströmungstheorie eröffnet mit der Abbildung des heißen, vielgestaltigen Erdinneren durch die Sedimenthülle hindurch eine Vielfalt neuer geologischer Möglichkeiten. Sie hat aber zunächst eine fixistische Ausgangsposition, denn es geht ihr ausschließlich um die Klärung des Bildungsmechanismus eines Gebirges an der Stelle, wo es sich befindet. Aus innerer Logik heraus führt aber der Einbau der Faltengebirge in die umgebenden Räume der Erde über die Annahme weitreichender magmatischer Strömungen zur Vorstellung eines globalen Netzes subkrustaler Konvektionszellen. Die Vereinigung mit der mobilistischen Kontinentalverschiebungstheorie WEGENERS vollzieht sich fast mühelos, indem die Subfluenz die rational nicht begründbaren Polfluchtkräfte ersetzt und durch die Annahme von Verschluckungen und aufsteigenden Strömungen eine Erklärung für die vom Standpunkt der Drifttheorie aus unverständliche Halbierung des atlantischen Raumes geliefert wird. Die wissenschaftsgeschichtliche Rekonstruktion zeigt, dass die Plattentektonik, die als Musterbeispiel eines Erkenntnisfortschrittes durch einen revolutionären Paradigmenwechsel im Sinne von KUHN gilt, weder eine absolut neue Theorie, noch eine Fortsetzung der Theorie WEGENERS ist, sondern das Ergebnis der prozeßlogischen Synthese ihrer Vorläufertheorien, wobei der Wahrheitswert der alten Theorien in der neuen Theorie erhalten bleibt.

Die erfahrungswissenschaftliche Theorie bildet somit kein geschlossenes System, sondern bestätigt oder modifiziert sich durch die Beobachtung. Die konstruktive Synthese bildet dabei den entscheidenden Erkenntnisfortschritt, der nicht durch eine reine Akkumulation von Daten erreicht werden kann. In ihr liegt auch die Entwicklungsmöglichkeit der modernen Umweltgeowissenschaften begründet, in denen die durch den Hominiden-Impakt beeinflussten Geschehnisse mit einem aktualistischen Konzept alleine nicht ausreichend erklärt werden können.

Theory of Science: Selected Case Studies on the Development of Geoscientific Research in Austria

Abstract

In this thesis the process-logical acquisition of geoscientific knowledge is shown by reconstructing the complex history of scientific development based on selected case studies. The methodical interpretation given by the theory of science provides the chance of an interdisciplinary approach to overcome the barriers between the extremely split up geosciences.

The particular pre-scientific object of geology, earth, requires a specific terminology to explain coherent issues. The first case study shows the necessity of constituting a system of qualitative-descriptive terms, which are not unequivocally definable by formal logic; a scientific terminology which has developed from everyday language and is absolutely essential to cover this complex field of knowledge.

Mineralogy in the sense of "Historia naturalis" would not be an independent science any longer without an exact definition of the term "individual", which is related to the process of crystallization. General terminology has to be distinguished from the binary nomenclature which firstly was formed in analogy to botany and zoology, to which mineralogy was seen to be related as a merely descriptive "elementary science of natural history". Wilhelm HAIDINGER succeeds in finding a middle course between this Aristotelic-scholastic tradition and WERNER's trivial names by developing a particular nomenclature, which overcomes the Babylonian chaos and enables him to construct a generally accepted mineralogical systematics. MAOHS developed his systematics explicitly as a natural history of the realm of minerals, primarily for the purpose of description and order of mineral collections according to their morphological characteristics, on which the principles of "Einerleiheit, Gleichartigkeit und Ähnlichkeit" (singularity, homogeneity, similarity) are based, and thus put himself deliberately into contrast to a science of nature founded on theoretical concepts. His synthetic classification of species, genera, orders, and classes, based on BACON's inductive model for empirical cognition, primarily turns against HAÜY's Theory of Decrescence, which interprets the structure of crystalline minerals in a way that would violate the principle of natural history. At first HAIDINGER, too, understands mineralogy as purely empirical quantitative-geometrical crystal-physics. The increasing appendix of not completely determinable minerals shows that merely the regular shape is not sufficient to characterize a crystal, and he recognizes the necessity of considering physical and chemical criteria as well to expand the borderlines of the natural-historical system. So his "ideal system", based on the principles of one science, demands to correspond to those of the other one, too. The existence of pseudomorphs raises the problem of the correlation between exterior shape and interior composition; consequently mineral chemistry turns out to be necessary for solving mineralogical problems. Anogene and katogene genesis of pseudomorphs, at first established in a deductive way, are now put on an empirical basis by proving the transformation of calcite into dolomite in experiment. Realization of the fact that nature can do as well on a large scale, what she is capable of in a small dimension, equally results in the scientifically based explanation for metamorphosis, which up to that time had been a merely speculative element in the concept of petrogenesis. As it is obviously impossible to include the factors space and time adequately, geoscientific experiment will always be an approximative simulation of a natural event. This gives significance to the classical geological method of field surveying. In geological field mapping as a methodical and standardized activity, an existing scientific theory influences the cognitive processes of visual perception and their result, the geologic map, which beside mere description always comprises a hypothetical component.

The constitution of mineralogical terminology, nomenclature and systematics turn out to be an essential precondition for the exploration of natural coherences, which the newly founded scientific societies had made their task. The method of purely phenomenological observation makes geoscience an exemplary empirical science and thus surpasses the speculative geology of German natural philosophy. At first the description of petrifacts is no more and no less than a division that can also be understood merely in a regional sense. Only the Theory of Evolution reveals a life-history of fossils, and stratigraphy gains a historical dimension, it becomes "Earth-history" and leads to a scientifically founded approach to stratigraphic division of sequences. Up to this time the Alpine sediments were interpreted as an exception of the principles of nature being otherwise in force. FRANZ VON HAUER succeeds in the division of "Alpenkalk" (Alpine limestone) strata in an inductive way, using cephalopodes, and in perfect analogy the subdivision of the "Wiener Sandstein" (Viennese sandstone) by an exact descriptive study of nummulites. At the same time the completeness of the fossil record turns out to be a basic analytical requirement to the doctrine of descent. The Bohemian Silurian primordial fauna and faunal immigration postulated in the Theory of Colonies, as well as the equivalent question of the joint occurrence of ammonites and orthoceratites, had led to additional hypotheses to save the Theory of Cataclysms. Now the congeria strata in the Vienna Basin show that DARWIN's theory can immediately be applied to palaeontological research. But even Eduard SUSS disapproved a radical uniformitarianism and conceded a certain probability to catastrophes in earth's history. In this sense he may be considered a predecessor of Neocatastrophism, which succeeded in ALVAREZ' works and combines the valid elements of actualistic and cataclysmic concepts.

In the Contraction theory SUSS places orogeny into a global context. It is the basis for SCHARDT-LUGEON's "Überfaltungshypothese" (folding theory), which consequently is criticized by Otto AMPFERER in the introduction to his famous treatise "Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen" (About the movement of fold mountains), 1906, where he does not entirely reject nappe transport over long distances. His starting-points for the re-construction of the existing orogenic concept are issues that cannot yet be explained at all or at least not sufficiently. Geologic mapping supplies him with the principal elements for slip folding as a part of his new theory, in which folding is interpreted as a function of the involved rocks and earth's size. The lack of sliding-paths as a means of transport for the mechanical process of gravitational gliding forces him to prove this tectonic interpretation empirically by the way of field geology. According to the dualism of analysis and synthesis he gains the second element of his geomechanical model by geometrical deduction. The hypothesis of convection currents for the first time permits not only an accumulation of material from the subsurface, but also in reverse direction. His revised concept of napping contains two essential modifications, replacing lying folds by thrust or slide nappes and root zones by subduction zones. For interpreting the orogenic process, he needs further explanations, such as surface thrusting, to which tectonic and morphological analyses are connected. This is no more the result of empirical field work at the Stanser Joch, but requires the existence of a theory. The hypothesis of convection currents with its concept of a hot, complex interior of the earth reflected in the cover of sediments, opens up a diversity of new geological models. Its initial position is fixistic, trying only to explore the orogenic mechanism of a mountain range at its location. Obeying to inner logic, the relationship between fold mountains and their surrounding areas suggests the assumption of far-extending magma-flows and further to the idea of a global net of subcrustal convective cells. Integration with Alfred WEGENER's Theory of Continental Drift is accomplished nearly without effort, as subfluence replaces the rationally not provable pole-fleeing forces. The proposition of subductions and rising convective currents yields an explanation for the halving of the Atlantic region, which is incomprehensible from the standpoint of drift theory. Plate tectonics cannot be taken as an example for progress of cognition by change of paradigm in the sense of KUHN. Reconstruction of the history of science shows, that this concept is neither absolutely new nor the continuation of WEGENER's theory, but the result of process-logical synthesis of preceding theories, while the valid components of the old theories are preserved in the new theory.

Thus the theory of cognition is not a closed system, but is confirmed or modified by observation. Constructive synthesis forms the final progress of knowledge, which cannot be achieved by a mere accumulation of data. This is the chance for development in modern geoscience, as an actualistic concept cannot sufficiently explain events influenced by human impact.

1. Vorbemerkungen

Die vorliegende Arbeit wurde an der Grund- und Integrativwissenschaftlichen Fakultät der Universität Wien als Dissertation approbiert. Den beiden Gutachtern, Univ.-Prof. Dr. Erhard OESER (Institut für Wissenschaftstheorie und Wissenschaftsforschung) und Univ.-Prof. Dr. Norbert VAVRA (Institut für Paläontologie) schuldet der Verfasser besonders herzlichen Dank.

Sofern Textstellen mit Anführungszeichen versehen wurden, handelt es sich um wörtlich übernommene Zitate, einschließlich allfälliger, besonders bei älteren Schriften vorhandener, Eigenheiten in Rechtschreibung und Grammatik.

Hingewiesen werden soll noch auf die englische Übersetzung des ersten Bandes der „Histoire de la géologie“

von F. ELLENBERGER (1996), die nach Fertigstellung dieses Textes im Balkema-Verlag erschienen ist. Sie behandelt den Zeitraum von den Anfängen der Geologie bis ins 17. Jahrhundert, von OVID bis STENO, und enthält eine kleine, kommentierte Auswahl von Büchern wissenschaftshistorischen Inhalts.

2. Wissenschaftstheoretische und -historische Betrachtungen der Erdwissenschaften

Ami BOUÉ, der bedeutende französische Alpenforscher, hat neben seinen zahlreichen erdwissenschaftlichen Beobachtungen und Erkenntnissen stets auch Reflexionen über die methodische Vorgangsweise vorgenommen, sowohl seiner eigenen Arbeiten, wie jener seiner Zeitgenossen, und sie mit einem Honig verglichen,

„... dessen Zubereitung ohne den Saft mehrerer Blumen unmöglich ist ...“ (BOUÉ, 1851b, S. 8).

Und für Franz VON HAUER (1875, S. 2), dem die wissenschaftlich begründete Auflösung der komplizierten ostalpinen Stratigraphie gelang, beruht ihre Wichtigkeit darauf, dass in ihr die höchsten Probleme zusammenfließen,

„... deren Lösung durch die Naturwissenschaft überhaupt angestrebt wird. – Die Fragen nach der Entstehung der Erde, nach dem Entstehen und den allmählichen Veränderungen der organischen Welt, welche ihre Oberfläche bewohnt, nach dem ersten Auftreten des Menschengeschlechtes u.s.w. können nur durch exacte geologische Forschung der Domäne haltloser Hypothesen entrissen und einer Lösung auf wissenschaftlicher Grundlage zugeführt werden.“

Dabei kommt dem

„... Ringen um die Wahrheitsfindung in einem auch in globalem Vergleich extrem komplizierten Krustenstück ...“ (TOLLMANN, 1986, S. 3),

den Alpen, eine besondere Bedeutung zu. Umso mehr erstaunt es, dass nur wenige Schriften einen zusammenhängenden Überblick über die Geschichte der erdwissenschaftlichen Erforschung, sowohl Österreichs, der Alpen, wie auch ganz allgemein, geben. Wissenschaftshistorische Betrachtungen sind im Vergleich zu anderen Naturwissenschaften, etwa Astronomie, Physik oder Biologie, eher selten. Es ist in diesem Zusammenhang die etwas polemische Bemerkung VOGELSANGS (1867, S. 85) nicht ganz von der Hand zu weisen, dass es auch unter Wissenschaftlern solche gibt,

„... welche grossen Männern gegenüber sich geberden wie ein Affe, der in einem Spiegel sein Bild zu greifen sucht, und da er nicht dazu gelangen kann, das Glas zertrümmert und wüthend die Zähne zeigt“

Zwar findet sich eine Vielzahl kleiner bis kleinster Publikationen, die ein Schattendasein in den facheinschlägigen Journalen führen und von Erdwissenschaftlern, so sie den Artikel überhaupt lesen, wohl kaum mehr denn als Kuriosität am Rande vermerkt werden. Zumeist handelt es sich dabei auch nicht um die Geschichte des wissenschaftlichen Fortschrittes selbst, sondern um die reine Darstellung historischer Abläufe. Wie notwendig eine umfassende Synthese der erdwissenschaftlichen Erforschungsgeschichte Österreichs ist, das mit seinem

„... geologischen Fruchtboden ...“,

wie STACHE (1900, S. 5) sagt,

„... eine treue, nie versiegende Wissensnahrung spendende Ernährerin ...“

besitzt, hier zwar nicht als eine befruchtende Wirkung in den Alpen gewonnener empirischer Erkenntnisse auf die Hypothesen und Theorien der Erdwissenschaften gemeint, aber doch ebenso gut auch in diesem Sinne zu verstehen, zeigt sich an der Tatsache, dass die vierzigseitige Zusammenfassung im dritten Band der umfangreichen Monographie TOLLMANNs über die „Geologie von Österreich“, in der sie entsprechend der Zielsetzung des Gesamtwerkes nur ein Teilkapitel bildet, dennoch als derzeit umfassendste moderne Darstellung zu diesem Thema gelten kann. TOLLMANN (1986, S. 3f) unterscheidet darin neun Entwicklungsperioden:

- „1) Die Epoche der Sammlung erdwissenschaftlicher Erfahrung durch den Bergbau – von der Jungsteinzeit (2500 v. Chr.) bis zur ersten wissenschaftlichen Aufbereitung dieses Erfahrungsschatzes durch G. AGRICOLA im Jahre 1556.
- 2) Das heroische Zeitalter der Autodidakten und Alleingänger ohne Schule bis zum Beginn der Lehrtätigkeit von A. G. WERNER 1780 in Freiberg/Sachsen.
- 3) Die Pionierzeit, in der eine noch kleine Zahl von in- und ausländischen Forschern, z.T. Schüler WERNERS, das gegenüber dem außeralpinen Gebiet noch so undurchsichtige Rätsel der Alpen in großen Forschungsreisen vor und nach der Wende vom 18. zum 19. Jahrhundert zu erforschen begann.
- 4) Die Gründerzeit von Organisationen und die zielbewusste Förderung der erdwissenschaftlichen Forschung durch selbst begeisterte adelige Mäzene in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts.
- 5) Die Gründung der Geologischen Reichsanstalt im Jahre 1849 und die rasche Entfaltung ihrer segensreichen Tätigkeit.
- 6) Die Gründung einschlägiger Universitätsinstitute in den sechziger und siebziger Jahren des vorigen Jahrhunderts und die rasche Entwicklung angesehener Schulen.
- 7) Das Ringen um die Klärung der alpinen Stratigraphie von der Auflösung des Begriffes „Alpenkalk“ im Jahre 1847 bis zu ARTHABERS „Lethea“ 1906.
- 8) Der Siegeszug der Deckenlehre in der ersten Hälfte unseres Jahrhunderts.
- 9) Die Forschungsära neuer Dimension mit grundsätzlich neuen Wegen, Mitteln und Denkansätzen in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts.“

Für die Erforschungsgeschichte des 20. Jahrhunderts gibt es einen, von obigem leicht abweichenden Gliederungsversuch von W.E. PETRASCHECK (1968, S. 61f), der drei Abschnitte unterscheidet. Zunächst die Zeit vor dem Ersten Weltkrieg, die analog den anderen Naturwissenschaften (PLANCKs Quantentheorie, EINSTEINS Relativitätstheorie, BOHRs Atommodell ...) auch in den Erdwissenschaften eine Epoche großer Synthesen war. Er verweist dabei etwa auf Pierre TERMIERS „Les nappes des Alpes orientales et la synthèse des Alpes“, Otto AMPFERERS „Bewegung von Faltengebirgen“, Albert HEIMS „Bau der Schweizer Alpen“, Eduard SUESS' „Antlitz der Erde“, und natürlich WEGENERS Kontinentalverschiebungstheorie und ABELS Paläobiologie. Die Kriegs- und Zwischenkriegszeit charakterisiert er insgesamt durch eine Grundhaltung des Zweifels und der Kritik, eine „Krise in der Geologie“, während man sich nach dem Zweiten Weltkrieg,

gestützt vor allem auf die großen Fortschritte der geophysikalischen Erkenntnisse, wiederum verstärkt imaginationsreichen Synthesen zuwandte.

Auch die vorliegende Arbeit gibt, entsprechend ihrer Themenstellung und Zielsetzung, die Struktur der Erkenntnis in den Geowissenschaften aufzuzeigen, keine umfassende Darstellung der erdwissenschaftlichen Erforschungsgeschichte Österreichs. Dennoch spannt sie, anhand ausgewählter Fallstudien, einen weiten Bogen von den Anfängen des 19. bis hin zur Mitte des 20. Jahrhunderts, und reicht mit einigen kurzen Notizen über die Angewandten Geowissenschaften der Nachkriegszeit im Schlußkapitel bis in die unmittelbarste Gegenwart. Versucht man diese Fallstudien in die vorhin erwähnten Schemata einzuordnen, umfaßt die erste die Epochen vier und fünf nach TOLLMANN, wobei aber zur Darstellung der entwicklungsgeschichtlichen Zusammenhänge auch immer wieder auf weiter zurückliegende Epochen Bezug genommen wird, die zweite Fallstudie wäre den Epochen (sechs bis) sieben, die dritte schließlich der Epoche acht, dies entspricht jener der großen geologischen Synthesen bei PETRASCHECK, zuzuordnen. Der Epoche neun nach TOLLMANN bzw. der Zeit der imaginationsreichen Synthesen der Nachkriegszeit bei PETRASCHECK entspricht das Schlußkapitel.

Kurz vor und nach der Wende vom 19. zum 20. Jahrhundert erschienen einige mustergültige Darstellungen über die Geschichte der Erdwissenschaften, von denen etwa KOBELLS „Geschichte der Mineralogie“ (1864), ZITTELS „Geschichte der Geologie und Paläontologie bis zum Ende des 19. Jahrhunderts“ (1899) oder HUMMELS „Geschichte der Geologie“ (1925) zu erwähnen sind. Nach 1945 wurde aber zumindest im deutschsprachigen Raum die wissenschaftshistorische Betrachtung der Erdwissenschaften durch eine Vielzahl an Veröffentlichungen zu diesem Thema in der Deutschen Demokratischen Republik und einer daraus resultierenden Überbewertung der darin vertretenen Darstellungen, die mit einschlägigen gesellschaftspolitischen Ansichten verschmolzen wurden, belastet. Das geht deutlich aus einer Stellungnahme GUNTAUS (1977, S. 482f), des Verfassers einer „Genesis der Geologie als Wissenschaft“, zu den Zielen und Aufgaben wissenschaftshistorischer Arbeit im kommunistischen Deutschland hervor, die sich

„... prinzipiell als gesellschaftswissenschaftliche Disziplin versteht und auf der marxistisch-leninistischen Wissenschaft basiert, also Klassencharakter besitzt ...“,

und weiter heißt es, unter ausdrücklicher Berufung auf den damaligen Generalsekretär der Sozialistischen Einheitspartei, ERICH HONECKER:

„Dabei geht es bei uns nicht nur um ihre Entwicklung in den Jahrzehnten der Existenz der DDR, sondern um alles Progressive geologischer wissenschaftlicher Arbeit in der Geschichte des deutschen Volkes.“

Der Klassencharakter kommt nach HERNECK (1964, S. 59) darin zum Ausdruck, dass KARL MARX die fünf sozialökonomischen Formationen

„... in offensichtlicher, wohlberechtigter Analogie zu den geologischen Formationen entwickelt ...“

habe und auch der Begriff des Leitfossils in dessen Lehren wiederkehre. Ganz offen wurde bekannt, dass wissenschaftshistorische Fragen als

„... ein Mittel der politischen Auseinandersetzung ...“

betrachtet wurden (z.B. DABER & MANUEL, 1986, S. 357f). Damit wird ersichtlich, dass trotz der Prämisse, fachein-

schlägige Wissenschaftsgeschichte sei überhaupt nur durch Erdwissenschaftler möglich, die über die erforderliche Sachkenntnis verfügen und somit in der Lage sind,

„... das System A.G. Werners oder die Ideen L. de Beaumonts richtig einzuschätzen ...“

oder

„... die Katastrophenhypothese G. Cuviers zu analysieren bzw. die Bedeutung der Geosynklinaltheorie von J. Hall in ihrer ganzen Tragweite zu verstehen ...“ (TICHOMIROV & RAVIKOVIC, 1971, S. 340),

das immer wiederkehrende Bild von Revolutionen in der Geologie zunächst vor allem die Übertragung einer politischen Weltanschauung auf die wissenschaftshistorische Betrachtungsweise bedeutet.

Das Modell eines Erkenntnisfortschrittes ohne rationale Begründung, also einer wissenschaftlichen Revolution, wurde von THOMAS S. KUHN 1962 in seinem Buch „The structure of scientific revolutions“ explizit dargestellt, allerdings in seiner „Copernican revolution“ schon vorweggenommen, und fiel besonders in den Erdwissenschaften auf fruchtbaren Boden. ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, S. 338f) schreiben dazu in ihrem Standardwerk „Theorie der Geowissenschaft“:

„Es ist in der Tat in der Geschichte der Geowissenschaft vorgekommen, dass die Mehrheit der Scientific Community sich nach einem Streit zwischen Traditionalisten und Modernisten von bisher akzeptierten Erklärungsmustern ab- und so neuartigen Theorien zuwandte, dass man von einem revolutionären Wandel der Ansichten sprechen kann. Zu solchen Ereignissen gehörte z.B. die Akzeptierung der DARWINSchen Deszendenztheorie, welche in den 60er Jahren des vorigen Jahrhunderts eine neue Periode der Paläontologie einleitete. Eine revolutionäre Phase in der Entwicklung der Tektonik ereignete sich in den Jahren zwischen 1903 und 1910, als sich die Theorie durchsetzte, dass Gebirge vom Typus der Alpen nicht – wie man früher annahm – durch die vertikale Bewegung von Krustenteilen, sondern durch sehr weitreichende horizontale Verschiebungen von Gesteinseinheiten entstanden (Dekentheorie). Auch die Akzeptierung der Impakttheorie während der 60er Jahre unseres Jahrhunderts zur Erklärung von Strukturen auf der Erde und auf dem Mond trug Züge eines revolutionären Umbruchs, da hier zum ersten Mal extraterrestrischen Massen und Energien ein Einfluß auf die Struktur der Erdoberfläche zugebilligt wurde. Vor allem aber hat man den Sieg der Wegenerschen Hypothese der Kontinentalverschiebung und der Theorie der Plattentektonik über fixistische Theorien der Erdentwicklung ausdrücklich als eine Revolution interpretiert.“

Letzteres geschah in einer berühmten öffentlichen Auseinandersetzung in der Zeitschrift „Geotimes“ zwischen dem kanadischen Geophysiker J. TUZO WILSON (1968, S. 10f), der schon 1967 bei einem Meeting des Canadian Institute of Mining & Metallurgy die Ansicht vertrat, die Plattentektonik sei eine „revolution in earth science“, und dem russischen Wissenschaftler BELOUSSOV (1968, S. 19), Vorsitzender der Internationalen Union für Geodäsie und Geophysik, der in einem Brief, völlig zu Recht, wie noch zu zeigen sein wird, auf eine Reihe von Arbeiten verwies,

„... beginning in 1906 with Ampferer“,

die ihn zu der Schlußfolgerung führen:

„Admittedly, to choose a route one needs working hypothesis. Better yet if there are several. From this point of view both the theory of continental drift and the concept of

spreading ocean floor could serve as such working hypotheses along with others... But we will be bitterly reproached (perhaps also ridiculed!) by the coming generations if we call one of such working hypotheses a final theory, if we assert that the truth is at our elbow and that we only have to stretch out our hand to pick the flower“.

In seiner Antwort beruft sich WILSON (1968, S. 21) ausdrücklich auf den Begriff der wissenschaftlichen Revolution bei KUHN und bekräftigt, dass es

„ not the old topics you mention ...“

sind,

„ which have changed so many opinions“.

In weiterer Folge vermochte sich der Gedanke, die Plattentektonik im besonderen, und bedeutende wissenschaftsgeschichtliche Ereignisse der Erdwissenschaften ganz allgemein, würden einen rational nicht erfaßbaren Paradigmenwechsel widerspiegeln, weitgehend durchzusetzen. Beispiele dafür sind etwa CHAIN (1970, S. 437f) und DORN (1989, 1989b). HALLAM (1973, S. 105 u. 114), der übrigens die Unterströmungstheorie AMPFERERS mit keinem Wort erwähnt, spricht in seiner Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Plattentektonik zumindest im Titel von einer Revolution. Letztendlich ist er sich aber nicht sicher, ob diese Revolution erst mit der

„ ... theory of plate tectonics, an outgrowth of the continental drift hypothesis ...“

oder doch schon mit letzterer selbst stattgefunden hat?

Umso überraschender erscheint es, wenn HERNECK (1964, S. 72) nur wenige Jahre vor der Diskussion über Bedeutung und Stellung dieses neuen Weltbildes der Erdwissenschaften mit einem erloschenen Vulkan verglich, dessen große Eruptionen im 19. Jahrhundert, insbesondere in dessen ersten Jahrzehnten gelegen seien. Unbestreitbar ist aber, dass die einzelnen relevanten Fragen von Philosophen und Historikern einerseits, den Fachwissenschaftlern andererseits zwar diskutiert wurden, eine Permeabilität der Meinungen aber kaum gegeben war.

Die meisten Erdwissenschaftler, schreibt SCHUMM (1991, S. vii u. 2), der mit seinem Werk „To interpret the earth“ eines der anregendsten Bücher der neueren Zeit zur Methodendiskussion dieses Fachgebietes geliefert hat, finden philosophische Diskussionen auf ihrem Arbeitsgebiet nicht sonderlich interessant. Um sich dann seinerseits sogleich gegenüber den Philosophen abzugrenzen, und wohl auch deren mögliche Kritik von vorneherein abzuschwächen:

„Finally this short work should not be considered as a foray into the philosophy of science. It should only be read by young earth and environmental scientists and students and not by philosophers who would undoubtedly be aggravated by its lack of depth.“

Andererseits beklagt FRODEMAN (1995, S. 960) das Ignorieren der Geologie durch die Philosophen.

„They have assumed (few thought to argue the point) that an examination of geology was unnecessary for understanding the nature of science.“

Der Wunsch nach einer Theorie der Geowissenschaften mag wohl auf beiden Seiten vorhanden sein, findet aber oft schon in der Schwierigkeit des Fehlens einer gemeinsamen Sprachebene seine scheinbaren Grenzen. Der berühmte amerikanische Geologe Walter ALVAREZ (1990, S. 94) berichtet über diese Probleme der Interdisziplinarität, beruhend auf seinen Erfahrungen in der Impaktforschung:

„It seems to me that there are a number of barriers to crossing discipline boundaries, some minor and others more difficult to overcome. In practice, however, it is quite possible to bridge these barriers, and doing so brings great rewards, both personal and scientific.“

Dabei kann, schreibt der einschlägige Arbeitskreis der Gesellschaft für Geowissenschaften in Deutschland, gerade die Wissenschaftsgeschichte

„ ... die heute dringlicher denn je werdende fächerübergreifende Zusammenarbeit – sowohl innerhalb der disziplinär stark aufgesplitteten Geowissenschaften, als auch zwischen den Geowissenschaften und anderen Wissenschaften ...“

erleichtern (SCHMIDT, 1994, S. 92). In diesem Sinne sollten Grenzen zwischen wissenschaftlichen Disziplinen nicht als Barrieren verstanden werden, sondern als

„ ... gateways leading to new things to explore ...“ (ALVAREZ, 1990, S. 95).

Aufgabe der Wissenschaftstheorie ist die methodische Erklärung und Begründung wissenschaftlicher Erkenntnis, deren Notwendigkeit bereits von LAMARCK hervorgehoben wurde, wenn er feststellt:

„Man weiß, daß jede Wissenschaft ihre Philosophie haben muß, nur dann macht sie wahre Fortschritte ...“ (zit. n. OESER, 1974, S. 3f).

Dabei stellt die erfahrungswissenschaftliche Theorie kein geschlossenes logisches System dar, sondern erweitert sich sowohl in empirisch-induktiver Weise wie auch durch hypothetische Vorwegnahmen. Die konstruktive Synthese, die aus den analysierten Teilen das Gesamtphänomen herstellt, ist daher von besonderer Bedeutung, weil sie die weitere Entwicklung der empirischen Forschung leitet und bestimmt (OESER, 1974, S. 100f). Schon Eduard SUESS (1902, S. 8) hat den ersten Schritt zur Synthese als entscheidenden Schritt im Leben eines Forschers bezeichnet, und für FRODEMAN (1995, S. 966) ist die Geologie ihrem Wesen nach eine synthetische Wissenschaft. Neue Theorien sind daher auch in den Erdwissenschaften, was noch zu zeigen sein wird, Umkonstruktionen, deren Ansatzpunkte in den alten Theorien bereits lo-

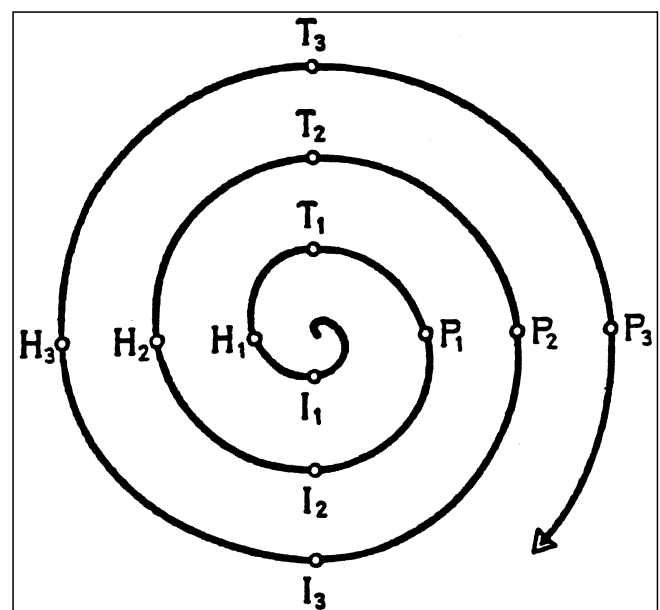


Abb. 1.
Gesetzmäßige Erweiterung des Wissensstandes nach dem Spiralenmodell von OESER (1979, Abb. 1).

gisch enthalten sind. In den empirischen Erfahrungswissenschaften erfolgt die Erweiterung aufgrund von Gesetzmäßigkeiten, wie im Spiralmodell (Abb. 1) bei OESER anschaulich dargestellt wird.

„Dieses Modell soll in abstrakt idealisierter Form das aller erfahrungswissenschaftlichen Erkenntnis zugrundeliegende Wechselspiel von Theorie und Erfahrung wiedergeben, das in der Bildung von Hypothesen (H) auf Grund empirischer und struktureller Information (I), in dem konstruktiven Aufbau von Theorien (T) aus Gesetzeshypothesen, in der deduktiven beweistheoretischen Sicherung von Theorien und der reduktiven Überprüfung von theoretisch abgeleiteten Prognosen (P) besteht. Ein solches systemtheoretisches Modell, in dem das Kontinuum der allgemeinen Erkenntnismethoden (Induktion, Konstruktion, Deduktion und Reduktion bzw. Abduktion) in einen funktionellen Zusammenhang gebracht ist, hat gegenüber linearen Modellen, die den Erkenntnisprozeß nur in einer Richtung abbilden, den Vorteil, dass nicht nur eine bestimmte Phase des Erkenntnisprozesses, sondern der komplexe Gesamtvorgang vollständig rekonstruiert werden kann“ (OESER, 1979, S. 25).

Verifikation bedeutet in diesem Zusammenhang die Bestätigung einer Theorie in der Erfahrung und somit einen kumulativen Erkenntnisfortschritt, während sie bei der Falsifikation eine Modifikation erfährt, in der Altes zu Neuem und Besserem verändert wird. Prozeßlogisch verstandene Wissenschaftstheorie kann nicht ohne wissenschaftliche Erfahrung betrieben werden und läßt sich daher sinnvoll nur als Rekonstruktion der vielgestaltigen und komplexen Erkenntnisprozesse der faktischen Wissenschaftsgeschichte betreiben, die von einem Postulat methodologischer Kontinuität ausgeht, welches besagt, dass trotz des Wechsels der Inhalte ein prinzipiell gleichbleibender Weg der Gewinnung, Sicherung und Korrektur der Erkenntnis in der historischen Entwicklung der Erfahrungswissenschaften nachzuweisen ist (OESER, 1979b, S. 154f).

Wie OESER (1979, S. 109f) am Beispiel der ägyptischen Hypothese gezeigt hat, erscheint die wissenschaftliche Revolution nur demjenigen als solche, der die Wissenschaftsgeschichte nicht kennt. Dies gilt, wie schon angedeutet wurde und noch näher auszuführen ist, gerade auch für das Musterbeispiel einer erdwissenschaftlichen Theorie, die Plattentektonik.

Ziel einer wissenschaftstheoretischen Analyse der Geowissenschaften muß es sein, Klarheit über ihr Wesen und ihre systemeigenen Mechanismen zu gewinnen. Das scheint auf den ersten Blick

„... so zu sein, als ob die Parabel vom Tausendfüßler zuträfe, der als er sich bemühte, den Gang seiner Füße zu beobachten und zu koordinieren, ziemlich schnell ins Stolpern geriet ...“ (RICHTER, 1970, S. 456).

Die Geschichte der Erdwissenschaften ist

„... in ganz besonderem Ausmaß eine Geschichte der Wiederentdeckungen. Klare Einsichten und richtige Deutungen gingen wieder und wieder verloren. Sie mußten immer erneut gewonnen und in harten Kämpfen gegen den Widerstand der falschen Anschauungen durchgesetzt werden ...“ (HERNECK, 1964, S. 60).

Ganz in diesem Sinne hat auch Eduard SUESS (1890, S. 4) alle Versuche, die Entstehung der Alpen und der großen Kettengebirge überhaupt zu erklären, als

„... ein Product des Wanderns von Irrthum zu Irrthum“

beschrieben.

Anhand ausgewählter Fallstudien wird dieser wissenschaftliche Fortschritt, der auf einer Verbesserung des bereits bestehenden Wissens beruht, für den erdwissenschaftlichen Bereich paradigmatisch dargestellt, wobei die Meinung, Geowissenschaften seien in theoretischer Hinsicht ausgeschöpft, große Entdeckungen nicht mehr zu erwarten, weshalb die vorrangige Aufgabe in der Erarbeitung von Details zu sehen sei, sich als nichts anderes erweist, als eine Vernachlässigung methodischer Überlegungen zugunsten des Produzierens großer inhaltlicher Datenmengen. Fließbandarbeit im Gelände und Labor ist nicht gering zu schätzen, schon CHAMBERLIN (1995, S. 350) hat in seinem klassischen Essay von 1890 gemeint,

„... a strenuous endeavour to find out precisely what the phenomenon really is should take the lead and crowd back the question, commendable at a later stage, How came this so? First the full facts, then the interpretation thereof, is the normal order.“

Andererseits hält SCHAFER (1906, S. 159) fest, dass

„... so wertvoll die Verfolgung und der Ausbau von Detailstudiengebieten ist, so führt sie allein doch nicht zu einem erschöpfenden Gesamtbild. Zum anderen ist es jedoch wieder so, dass zusammenfassende geologische Denkmolelle sich in erstaunlicher Konservativität oder sogar Wandlungs-Unfähigkeit behaupten. Es scheint so zu sein, dass neben der exakten Beschreibung geologischer Erscheinungen die Frage, was sie in der letzten Konsequenz bedeuten, oft wenig ausgewertet wird.“

Der Fortschritt muß auch in den Erdwissenschaften auf den entgegengesetzten Operationen beruhen, die GALILEI metodo risolutivo und metodo compositivo genannt hat. Einzelne Forscher haben es

„... in ungewöhnlicher geistiger Aktivität gewagt, kühne erklärende Hypothesen zu entwerfen; sie haben trotz anfänglicher Schwierigkeiten und späterer Widerstände an ihnen festgehalten, und sie haben nicht nachgelassen, die zunächst noch unsicheren Annahmen durch deduktive und abduktive Anwendung zu befestigen ...“ (ENGELHARDT & ZIMMERMANN, 1982, S. 330).

Die in dieser Arbeit enthaltenen drei Hauptabschnitte stellen nicht nur, wie bereits einleitend erwähnt, eine geschichtliche Abfolge von den Anfängen systematischer erdwissenschaftlicher Forschung bis in die Gegenwart dar, sondern ebenso eine konsequente wissenschaftsgeschichtliche Abfolge von Mineralogie, Paläontologie (und Biostratigraphie) und Geologie, sowie aus wissenschaftstheoretischer Sicht prozeßlogisch von Begriffsbildung, empirischer Beobachtung, Hypothesen- und Theorienbildung. Den drei in den Mittelpunkt der einzelnen Fallstudien gestellten Forscherpersönlichkeiten, dem Mineralogen Wilhelm HAIDINGER, dem Paläontologen Franz VON HAUER und dem Geologen Otto AMPFERER ist gemeinsam, dass sie Direktoren der früheren k.k. geologischen Reichsanstalt, der heutigen Geologischen Bundesanstalt, waren und jeweils zu den für ihre Zeit charakteristischen Fragestellungen, einer allgemeingültigen mineralogischen Systematik, der stratigraphischen Auflösung der alpinen Schichtfolgen im Lichte der Evolutionstheorie, der Klärung der ostalpinen und damit in untrennbarer Wechselwirkung verbunden der globalen Tektonik, wesentliche Beiträge geliefert haben. Die Arbeiten dieser drei bedeutenden österreichischen Geowissenschaftler sind aber von vorhergehenden und zeitgenössischen Forschern ebenso beeinflusst worden, wie nachfolgende Forscher sie ihrerseits aufgegriffen und weiterentwickelt haben.

Andererseits zeigen anschauliche Beispiele, dass Beobachtung eine erlernte, durch bestimmtes Wissen geprägte, kognitive Fähigkeit darstellt. SCHUMM (1991, S. 27), selbst Geomorphologe, berichtet über eine Exkursion mit Kollegen:

„All four of us were viewing the same landscape. A discussion with regard to a particular location revealed that the botanist was observing the vegetation, but he did not look through the vegetation to see the variations of soil, which were obvious to the soil scientist. I was looking at erosion features on a hillslope, when the structural geologist pointed out that the hill was an anticline. I had looked through the vegetation and the soil to the erosion features but ignored the geology. The structural geologist on the other hand had ignored the vegetation, soil and geomorphology to observe the very obvious structural folding that the other three had ignored.“

Wir sehen, was uns gelehrt wurde zu sehen. Geowissenschaftler machen sich dies meist nicht ausreichend bewußt, woraus in unserer heutigen Zeit, in der die Lösung anstehender Umweltprobleme interdisziplinäres Denken verstärkt erfordert, vielfach Schwierigkeiten resultieren.

Die Erdwissenschaften unterscheiden sich, wie etwa auch die Biologie oder Astronomie, von den fundamentalen Naturwissenschaften Physik und Chemie zunächst darin, dass sie nicht die gesamte materielle Welt umfassen, sondern einen vorwissenschaftlichen Objektbereich aufweisen, in welchem der Naturzusammenhang auf eine nur durch sie zu leistende Weise, mittels den jeweiligen Sachverhalten zugeordneten Begriffen, erklärt wird (ENGELHARDT, 1974, S. 798). Die daraus resultierende Notwendigkeit einer allgemein anerkannten, definitorischen Fachsprache führt zur ersten Fallstudie, der Entwicklung einer mineralogischen Terminologie, die sich zunächst als rein qualitativ-deskriptive Termini aus der Sprache jener, die sich alltäglich mit den einfachsten Bausteinen der geowissenschaftlichen Forschung, den Mineralen, beschäftigten, entwickelte. Erst auf der Basis einer solchen einheitlichen Terminologie und der damit verbundenen Nomenklatur und Systematik konnte die idealistische, spekulative Naturphilosophie, wie sie bis in die Anfänge des 19. Jahrhunderts bestimmend war (vgl. WENIG, 1988, S. 22), von einer, die Gründungszeit erdwissenschaftlicher Institutionen vollends dominierenden, rein empirischen Beobachtung abgelöst werden.

Die mineralogische Terminologie spiegelt die komplexere Gesamtsituation wieder, mit der sich der Erdwissenschaftler auseinandersetzen muß, anders als der Physiker oder Chemiker, dessen Sachverhalte die Resultate kontrollierbarer, prinzipiell willkürlich veränderbarer und stets wiederholbarer Versuche sind, die es ermöglichen, universelle Gesetze abzuleiten, die unter bestimmten, definierten Bedingungen vorhersagbare Ergebnisse zulassen. Versuche einer Anwendung dieses Erklärungsschemas auf die Geowissenschaften haben, wie noch zu zeigen sein wird, nicht die erhofften Ergebnisse gebracht. Das vielfältige Zusammenwirken physikalischer, chemischer und biologischer Faktoren hat es bislang verhindert, die Erdgeschichte in Formeln und Gesetzen zu erfassen (SEIBOLD, 1988, S. 6). Diese Komplexität spiegelt sich, wie FRODEMAN (1995, S. 961) darstellt, auch deutlich in der erdwissenschaftlichen Begründungsweise wieder.

„My claim, then, is that geological reasoning consists of a combination of logical procedures. Some of these it shares with the experimental sciences, while others are more typical of the humanities in general and Continental Philoso-

phy in particular. This combination of techniques is not utterly unique in geology; in fact, I would argue that such a combination is to one degree or another present in most types of thinking, scientific or otherwise. But I claim that this combination is especially characteristic of geological reasoning.“

Mit einer aktualistischen Entwicklung der Erde, wie sie durch Charles LYELL postuliert, als grundsätzliche erdwissenschaftliche Betrachtungsweise auch schon von HOFF vorweggenommen worden war (vgl. KAISER, 1931, S. 391), sich aber erst als Folge der DARWINschen Deszendenztheorie in den Geowissenschaften allgemein durchzusetzen vermochte, konnte mittels des reichen, angesammelten Beobachtungsmaterials die, besonders in den Alpen scheinbar unlösbare, Frage einer stratigraphischen Abfolge und somit der erd- und lebensgeschichtlichen Zusammenhänge, wie sie überhaupt erst durch die Verknüpfung einer rein empirisch verstandenen Paläontologie mit einem realen historischen Geschehen gedacht werden konnten, beantwortet werden. Erdwissenschaft erweist sich als historische Wissenschaft, als Erd-Geschichte im ursprünglichsten Sinn des Wortes. Damit verbindet sich auch die Extrapolation im Gelände beobachtbarer Resultate auf die unbekannten Ursachen ihrer Entstehung.

ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, S. 22f) bezeichnen das faktische Bestehen eines Sachverhaltes, wie er sich vorwiegend in den geowissenschaftlichen Karten manifestiert, in Anlehnung an KANT als assertorischen Modus. Wo die Beobachtungsergebnisse zur Erklärung von Tatsachen nicht ausreichen greift man zur hypothetischen Feststellung, die immer im Kontext von alternativen Möglichkeiten zu betrachten ist, und die in alten Zeiten nicht selten,

„... in der Annahme unbekannter, übernatürlicher Kräfte oder persönlicher Wesen bestand, welche das vollbracht haben sollten was sich auf natürliche Weise nicht erklären liess“ (COTTA, 1877, S. 8).

„Man hört so häufig die Bemerkung: Es ist Niemand dabei gewesen, geologische Fantasien u.s.w.“,

schreibt VOGELSANG (1867, S. 14), doch

„... wer da glaubt, dass an dem Punkte, wo die sinnliche Wahrnehmung des Einzelnen aufhört, sogleich das Reich der Hypothesen beginne, der muß es für eine Hypothese halten, dass er seiner Mutter Sohn ist.“

Jede wissenschaftliche Hypothese bedarf freilich einer tatsächlichen Begründung. Durch ihre Fähigkeit,

„... strukturell die Richtung weiterer Hypothesenbildungen festzulegen ...“

wird die Hypothese, die immer ein dynamisches Element innerhalb einer Hypothesenfolge darstellt, zur Entwicklungsform der Wissenschaft schlechthin. In ihrer Verteidigung und Bekämpfung bahnen sich, so HAUER (1861, S. 205), die erfolgreichsten Fortschritte der Wissenschaften an. Sie überbrückt die Lücken der unvollständigen empirischen Induktion bei der rekonstruktiven Erklärung (OESER, 1979, S. 100 u. 106).

Dabei erweist sich eine kritische Reflexion möglicher Fehlerquellen als wesentlich.

„It is not good science“,

kritisieren SWAN & SANDILANDS (1995, S. xi) völlig zu recht,

„if a geologist glances at a rock and states dogmatically: This is granite! (even if he or she is a brilliant petrologist and is correct!). A scientific geologist has a set of criteria for identifying granites and applies these criteria in a

way that is verifiable by other geologists (i.e. not just intuitive), and finally draws a conclusion.“

SCHUMM (1991, S. 14), der in seinem Buch immer wieder Analogien zwischen Geologie und Medizin heranzieht, vergleicht die erdwissenschaftliche Hypothese mit der ärztlichen Diagnose.

Den höchsten Rang in der Erkenntnishierarchie nehmen in weiterer Folge die Theorien als deduktiv geordnete Systeme von Teilhypothesen ein. Sie können nur dann

„... auf den Namen einer geologischen Erklärung Anspruch machen ...“,

wenn sie sich auf Beobachtungen zu stützen vermögen (VOGELSANG, 1867, S. 14). Die Verallgemeinerung des gesammelten Faktenwissens setzt daher eine Begriffsbildung voraus und die Mitteilung der Beobachtungsergebnisse, die Beschreibung von Mineralen, Gesteinen, Fossilien oder geologischen Phänomenen allgemein, enthält immer auch schon theoretische, erklärende Momente. Zumeist sind scheinbar neue Anschauungen lange Zeit zuvor mehr oder weniger deutlich ausgesprochen worden, entscheidend ist jedoch, dass sie in einer neuen Weise logisch miteinander verbunden werden. Wissenschaft erweist sich stets als Beschreibung im Lichte einer Theorie, die dann ihre Aufgabe erfüllt,

„... wenn sie die beobachteten Erscheinungen möglichst befriedigend erklärt und weder mit ihnen, noch mit anderen sicher konstatierten Naturgesetzen in Widerspruch gerät“ (HAUER, 1875, S. 53).

Charakteristisch für die Erfahrungswissenschaften ist der mit der Veränderung der Gültigkeit von Aussagen verbundene Wechsel von Theorien, der nicht im Rahmen der Aussagenlogik, sondern vielmehr mittels Prozeßlogik, erfassbar ist (OESER, 1979, S. 11). Im Sinne der in Abb. 1 dargestellten zyklischen Wissenschaftsstruktur bildet daher die Beobachtung den Prüfstein jeder Theorie, indem sie

„... zur Begründung, Bestätigung oder Berichtigung und Erweiterung der Theorien die notwendigen Daten ...“

liefert (HAIDINGER, 1848, S. 76). In der praktischen erdwissenschaftlichen Forschung ist es zumeist der Aufnahmogeologe, der, ausgestattet mit der Kenntnis ausgedehnter Landesteile, neue Theorien auf ihre Richtigkeit und Anwendbarkeit zu prüfen hat. Die erfahrungswissenschaftliche Theorie erweist sich somit ex definitione als kein geschlossenes logisches System, sondern erweitert sich immer wieder (OESER, 1974, S. 4).

Die gut begründete und schließlich eintreffende Voraussage, etwa in der Himmelsmechanik die Wiederkehr des HALLEYSchen Kometen, ist auch für die Erdwissenschaften das anzustrebende Ziel. Sie erweist sich aber gerade in den Umweltgeowissenschaften der heutigen Zeit, in der sich der Mensch selbst als Faktor des weltweiten Wandels und verändernde Ursache einbringt, schwieriger denn je zuvor (vgl. SEIBOLD, 1993, S. 152). CZJZEK (1849b, S. x u. xvii), der sich darüber beklagt, dass

„... selbst Gebildete die geologischen Studien als eine zeitraubende, keinen Nutzen bringende Arbeit ...“

betrachten, obwohl einsichtig ist, dass bei jedem Studium der Natur man

„... die Eigenschaften des Gegenstandes bis ins kleinste Detail erforschen muß, bevor hievon im praktischen Leben die zweckmässige Anwendung gemacht werden kann ...“,

berichtet von MULOT und THURY, die

„... mit Bestimmtheit vorausgesagt, daß der Bohrbrunnen von Grenelle zu Paris erst unter den Kreidekalkschichten mit 500 bis 550 Meter Tiefe eine ausgiebige Quelle erreichen könne. Von der Richtigkeit dieses Schlusses durchdrungen hat Mulot, für die Vollendung dieses grossartigen Unternehmens sein ganzes Vermögen wagend, durch die glückliche Ausführung der Welt ein auffallendes Beispiel von der Wichtigkeit geologischer Studien geliefert.“

Erst ein Überblick über die stufenweise Begründung und Entwicklung der Erdwissenschaften lehrt, dass es gilt, jeden Dogmatismus zu vermeiden.

„Erinnern wir uns, wie oft die geologische Theorie sich änderte. Die Anhänger der Katastrophenlehre beherrschten sie ganz, bis die Uniformisten die Oberhand bekamen, nur jedoch, um ihrerseits von den Evolutionisten abgelöst zu werden. Die Wernerianer wußten über die Entstehung und Folge der Gesteine so genau Bescheid, als ob sie bei der Bildung der Erdkruste dabei gewesen wären. In ein paar Jahren jedoch wurden sie mit ihren Vorstellungen und ihrem eingebildeten Vertrauen ausgelacht. Es liegt in der Natur ihres Gegenstandes, dass die Geologie ihre Folgerungen nicht allgemein mathematisch beweisen kann; sie beruhen auf dem Gleichgewicht von Wahrscheinlichkeiten, aber dieses Gleichgewicht ist veränderlich, je nachdem mehr Tatsachen bekannt oder besser verstanden werden ...“ (GEIKIE, 1937, S. 628f).

Die Gefahr dogmatischer Selbstverengung kann sich verhängnisvoll auswirken, indem Denk- und Ordnungsprinzipien als Erfahrungstatsachen gewertet werden (BEURLIN, 1939, S. 239). Für diese *sciencia coarctata*, ein verengtes Spezialistentum, kam der Begriff „Beamtengeologie“ in Gebrauch. Das entspricht nicht dem Wesen der erdwissenschaftlichen Tätigkeit, denn

„... es gibt keine Geologie von 8 bis 12 und 2 bis 4 Uhr, die wirklich in die Tiefe führt und neue Erkenntnisse aus dem Verborgenen zu heben vermag. Es gibt nur eine mit allen Kräften des Geistes und des Körpers vollzogene unausgesetzte Hingebung und Versenkung ...“ (AMPFERER, 1925, S. 14).

„Nur die Feststellung einer neuen Tatsache und ihre Einpassung, wenn nötig ihre Zurechtstutzung in das sanktionierte Dogmenschema kann bei der beamtenmäßigen Geistesverödung als wissenschaftliches Verdienst gebucht werden. Der Aufbau einer lebendigen Theorie, selbstverständlich unter Benutzung schon bekannter Tatsachen und Überlegungen, war keine wissenschaftliche Arbeit und ist es auch heute nicht für die noch immer so zahlreichen Geologie-Beamten ...“

weshalb HAARMANN (1935, S. 275f) fordert, daß wir

„... lebendig und frisch... die Gedankengänge unserer Vorgänger erfassen, um ihre Methoden kennen zu lernen und zu prüfen, um durch immer erneuten Vergleich der Ergebnisse mit der Natur die Geologie schöpferisch weiter zu entwickeln.“

Nichts anderes formuliert er somit, als das im Spiralenmodell dargestellte Wechselspiel von Theorie und Erfahrung.

In der Tendenz, die zu behandelnden Probleme von den zur Verfügung stehenden Methoden abhängig zu machen, anstatt Methoden auszunutzen und zu entwickeln, um Probleme zu lösen, sieht ENGELHARDT (1974, S. 806) gerade für die Erdforschung eine große Gefahr, die durch einen

„... gedankenarmen Routinebetrieb ...“

droht. Deshalb gilt es, das Primat der Theorie zu betonen.

„Nicht allein auf die noch so meisterhafte Anwendung von Untersuchungsmethoden kommt es an, sondern auf die Relevanz im Rahmen des allgemeinen Zieles geowissenschaftlicher Forschung.“

3. Wilhelm Haidinger (1795–1871) – Mineralogische Terminologie, Nomenklatur und Systematik

„Die Wissenschaft zerfällt daher in folgende fünf Hauptstücke:

1. Die Terminologie, welche die Kunstsprache erläutert, deren man sich in den Charakteren und Beschreibungen der Mineralien bedient.
2. Die Systematik, welche die systematischen Begriffe, als die der Species, Klassifikation u.s.w. erklärt.
3. Die Nomenklatur, welche die Gegensätze der Nomenclatur auseinandersetzt.
4. Die Charakteristik, ein Aggregat von Charakteren, deren sich der Anfänger bedient, um vermittelst des Systems Namen und Benennung eines Minerals zu finden, dessen Eigenschaften man untersucht hat.
5. Die Physiographie, oder ausführliche Beschreibung einer jeden Species“.

Diese einem Jugendwerk von Haidinger (1829, S. 4) entnommene Gliederung der Mineralogie liegt auch seinem 1845 erschienenen Hauptwerk „Handbuch der bestimmenden Mineralogie“ zugrunde. Darin sind die ersten vier der aufgezählten Hauptstücke behandelt, die zusammen, wie schon der Titel sagt, die „bestimmende Mineralogie“ bilden. Ein weiterer Band, die „beschreibende Physiologie“ enthaltend, sollte folgen, den er jedoch, wegen der neuen wichtigen Aufgaben, die ihm kurze Zeit später übertragen wurden, nie fertigstellte. Beide Teile bedingen und ergänzen einander, weshalb Haidinger selbst sein Handbuch als unvollständig und, wie er in der Vorrede schreibt,

„... weniger brauchbar ...“

ansah. Noch deutlicher formulierte das sein Lehrer Friedrich Mohs (1832, S. 12):

„Von diesen fünf Hauptstücken kann nicht eins ohne das andere bestehen, und die Naturgeschichte selbst kann nicht bestehen, wenn eins derselben ihr fehlt, weswegen sie alle von gleicher Wichtigkeit sind, und integrierende Theile der Naturgeschichte genannt werden.“

Nicht nur diese Meinung, sondern auch die Einteilung selbst hatte er von Mohs übernommen, der sie ausdrücklich als „Naturgeschichte des Mineralreiches“ entwickelt hatte.

„Die naturhistorischen (man kann nicht läugnen, daß man Kenntnisse dieser Art, d.i. solche von den Mineralien besitzt, wie diejenigen sind, welche die Botanik von den Pflanzen enthält) entspringen auf gleiche Weise aus der Anwendung der Naturgeschichte oder ihrer Principien auf die Producte des Mineralreiches, denn keine andere Wissenschaft kann naturhistorische, die Naturgeschichte aber keine andern als naturhistorische Kenntnisse hervorbringen, und diese Kenntnisse müssen also zur Naturgeschichte gezählt werden, so wie es von berühmten Mineralogen auch geschehen ist, denn ich bin nicht der Erste, der die Mineralogie die Naturgeschichte des Mineralrei-

ches genannt hat; und die Frage ist also: ob die Mineralogie, als Naturgeschichte dieses Reiches, d.i. als ein systematischer Inbegriff gleichartiger Kenntnisse, denen die Principien der Naturgeschichte mit Ausschluß aller andern zum Grunde liegen, möglich sey und zu Stande gebracht werden könne? Dies ist der Gegenstand der Zweifel, die alle Mineralogen, selbst diejenigen theilen, welche die Mineralogie als Naturgeschichte des Mineralreiches erklären, denn sie nehmen überall die Resultate der Chemie, nicht als historische Notizen, wogegen nichts eingewendet werden könnte, sondern als Erkenntnisgründe zu Hilfe“ (Mohs, 1832, S. II f).

Leonhard (1816, S. 9), ein Zeitgenosse von Mohs, sah in der Mineralogie

„... das Antiquitäten-Studium unserer Erde ...“, welches

„... Erinnerungen aus der ältesten Natur bewahrt ... Der Geschichte bietet die Natur, in Zeugnissen und Denkmalen aus dem grauen Alterthume, die Beweise, daß auch sie, gleich dem Menschen-Geschlechte im Heldenalter, ihre wunderbare und gigantische Vorzeit gehabt. So gewinnen die Natur-Veränderungen, durch ihren Zusammenhang mit menschlichen Begebenheiten, einen ächt historischen Charakter“ (Leonhard, 1816, S. 3).

Naturgeschichte ist freilich

„... keine Geschichte, keine Erzählung von nach einander erfolgten Ereignissen, sondern sie macht uns mit den Eigenschaften, Aehnlichkeiten und Verschiedenheiten zwischen den Naturprodukten bekannt, deren Namen uns zugleich mitgeteilt werden, gleichsam als Einleitung zu den verschiedenartigen Studien, deren Gegenstand gleichfalls die Naturprodukte sind ...“ (Haidinger, 1845, S. 4).

Diese direkte Wahrnehmung der erfaßbaren empirischen Erscheinungswelt, die freilich ebenfalls nicht ohne eine logische Ordnung vor sich gehen kann, ist daher gänzlich verschieden von den „theoretischen Wissenschaften“ Philosophie, Mathematik und Naturlehre (= Physik). Aristoteles hatte die „Historia naturalis“ als rein aufzählende Bestandsaufnahme, als reine Deskription verstanden (vgl. Oeser, 1974, S. 8).

Deutlicher als es Mohs (1842, S. VIII) selbst getan hat, der die Aufgabe seiner „naturhistorischen Elementarlehre“ ausschließlich darin sah, die Minerale methodisch bestimmen und erkennen zu lehren, läßt sich der Gegensatz der beschreibenden Naturgeschichte zur theoretisch begründeten Naturwissenschaft wohl kaum ausdrücken.

„Die Mineralogie setzt, weil sie ein Theil der Naturgeschichte, und diese eine Elementarwissenschaft ist, nichts aus andern Erfahrungswissenschaften voraus, und erfordert, außer der Logik, nur ein Wenig von Mathematik. Unter Logik verstehe ich hier nichts als den gesunden und unverdorbenen Menschenverstand, ein richtiges natürliches Denken und das Bewußtsein dessen, was man thut, indem man denkt, damit man nicht in Inconsequenzen verfällt; der gewöhnliche scholastische Plunder, womit man die Logik verunstaltet, taugt zu nichts.“

Die größte Schwierigkeit liegt daher nach Mohs (1832, S. I) auch darin, die Mineralogie als eine selbständige, nur mit der Zoologie und der Botanik im Zusammenhang stehende Wissenschaft anzuerkennen.

In einer Versammlung der, unter tatkräftiger Mitwirkung von Haidinger und Hauer, ins Leben gerufenen „Freunde der Naturwissenschaften“ gab Compt (1846, S. 105f)

folgenden Überblick über die Einteilung der Wissenschaften, wie sie sich zu jener Zeit darbot:

- I) Der naturwissenschaftliche Teil
 - 1. Naturgeschichte (Mineralogie, Botanik, Zoologie),
 - 2. Chemie, 3. Anthropologie.
- II) Der mathematische Teil
 - 4. Physik (einschl. Astronomie), 5. Mathematik, 6. Logik (mathematische Philosophie).
- III) Der philosophische Teil
 - 7. Psychologie, 8. Grammatik, Sprachforschung, geschichtliche Forschung, 9. Philosophie (Metaphysik).

Diese drei Teile verhalten sich wie Peripherie, Radius und Centrum, "man könnte sie auch bezeichnen als die realen, formalen und idealen Zweige; jedoch bestehen sie nie für sich allein, sondern sind im wechselseitigen Verhältnisse zu einander, so z.B. kann keine Geologie ohne Philosophie bestehen und sie hinwiederum gibt Beweise für die Unsterblichkeit der Philosophie ab, abgesehen, dass sie als kolossale Weltuhr schwesterlich den andern Theilen aufhilft."

Nach COMFORTS Ansicht gibt es nur eine Wissenschaft und nur

"... eine Wahrheit, deren Abdruck sie ist".

Allerdings kann ein Naturprodukt eben nach verschiedenen Gesichtspunkten betrachtet werden und diese verschiedenen wissenschaftlichen Betrachtungen sind für MAOHS (1832, S. 2) die

"... Quelle einer besonderen Art von Erkenntnissen ...", die nicht miteinander vermischt werden dürfen.

Seine eigene Elementar-Methode begründet er dabei gemäß den Grundsätzen FRANCIS BACONS, der

"... der eigentliche Propagandist der induktiven Methode" war (OESER, 1974, S. 14),

des klassischen Rechtfertigungsmodells der erfahrungswissenschaftlichen Erkenntnis.

"Niemand zweifelt",

sagt MAOHS (1812, S. 1),

"daß jede Natur-Wissenschaft ihren Anfang mit Wahrnehmungen nehme. Nicht als solche; denn aus bloßen Wahrnehmungen kann eine Wissenschaft nie entstehen; sondern dadurch, dass dem Verstande der Stoff einer besondern Art gegeben werde, aus welchem derselbe, nach seinen ursprünglichen Gesetzen, ein systematisches Ganzes hervorzubringen strebt, welches jede Wissenschaft seyn muss."

Es galt also nicht nur, zufällig etwas wahrzunehmen, sondern das Material zu ordnen, damit Lücken ersichtlich werden, die dann bewußt geschlossen werden können, somit Kenntniserwerb absichtsvoll, nach vorgefaßten allgemeinen Gesichtspunkten, aktiv zu betreiben (OESER, 1974, S. 14). Diese qualitativ-induktive Methode kam erst im 19. Jahrhundert mit der evolutionistischen Paläontologie und Biologie für den wissenschaftlichen Fortschritt voll zur Geltung, während zuvor die mathematisch-deдукtive Methode vorherrschte (MASON, 1991, S. 177).

Ging es einerseits also um den Nachweis der methodischen Einheit als jenem Band, das Zoologie, Botanik und Mineralogie zur Naturgeschichte vereinte, so war man andererseits bemüht, den Unterschied zwischen Tier-, Pflanzen- und Mineralreich herauszuarbeiten. Ein prinzipieller Unterschied zwischen organischer und anorganischer Natur wurde ja in der neuzeitlichen Naturwissenschaft anfangs keineswegs angenommen, vielmehr steht am Beginn dieser Entwicklung der Gedanke von der Ein-

heit der Natur (OESER, 1974, S. 15). Für HAIDINGER (1829, S. 2) besteht der Charakter eines unorganischen Naturproduktes darin, dass Kristalle durch

"... Hinzufügung neuer Materien von aussen ..."

wachsen,

"... während das Innere, schon Bestehende, unveränderlich bleibt".

Die Produkte des Tier- und Pflanzenreiches hingegen sind durch eine Zusammensetzung ihrer Teile zu einem Ganzen nach einem gewissen Plan und eine eigentümliche Periode,

"... welche man Leben nennt ...",

gekennzeichnet (HAIDINGER, 1845, S. 2). Nachdem er so die belebte von der unbelebten Natur unterschieden hat und auch die amorphen, gestaltlosen Massen als eigene Aggregatform abgetrennt wurden, bleiben die Kristalle als der letzte Untersuchungsgegenstand.

"Sie sind die eigentlichen Individuen des Mineralreiches" (HAIDINGER, 1845, S. 20).

Damit versteht HAIDINGER (1845, S. 23) die Mineralogie als Kristallphysik im strengen Sinn, denn

"... wenn der natürliche Zustand, derjenige, den es in seiner Bildung angenommen hat, aufhört, so ist das Mineral zerstört. Zerstörte Minerale erscheinen als Pulver, als formlose Massen, ohne bestimmten Graden von Härte oder eigentümlichen Gewicht, ohne Glanz, von geringer Consistenz ..."

und er verweist auf MOHS, der diese Pulver mit

"... den toten Individuen der organischen Reiche vergleichen hat ..."

Wenn er auch ihre Wichtigkeit nicht bestreitet, da sie doch einen großen Teil des Erdkörpers zusammensetzen, so sieht er andererseits die Gefahr, dass diese unbestimmbaren Mineralien den Mineralsystemen der eigentlichen Spezies

"... den Schein des Schwankenden ..."

geben könnten (HAIDINGER, 1845, S. 24).

Bereits KARL HAIDINGER hatte 1785 den ersten Preis der Petersburger Akademie für eine systematische Einteilung der Gebirgsarten erhalten. Er hatte sie unabhängig von WERNER aufgestellt, sie war jedoch zu unvollständig, als dass sie sich weitere Geltung verschaffen konnte (PUCK, 1950, S. 15). Sein Sohn wurde ein eifriger Schüler und Verehrer von MOHS, zunächst in Graz, wo dieser ab 1812 am Joanneum wirkte, später in Freiberg. Ab 1823 hielt er sich auf Einladung des Bankiers Thomas ALLAN, der eine prachtvolle Mineraliensammlung besaß, in Edinburgh auf, nachdem er schon ein Jahr zuvor England auf einer Reise besucht hatte. Er übersetzte die MOHSSche Mineralogie ins Englische und trug damit wesentlich zur Verbreitung von dessen „naturhistorischer Elementar-Lehre“ bei. MOHS selbst kommt 1826 zur Neuauflage des k.k. Hof-Mineralien-Cabinet nach Wien. Fürst LOBKOWITZ, der ab 1835 eine Mineraliensammlung im k.k. Hauptmünzgebäude aufbauen ließ, übertrug ihm deren Leitung.

"An alle der k.k. Hofkammer im Münz- und Bergwesen unterstehenden Aemter erging am 19. November 1835 ein Rundschreiben, alle Gesteinsarten, Mineralien etc. der Umgebung zur Bildung einer großen geognostischen Zentralsammlung in Wien einzuschicken" (LABURDA, 1951, S. 3),

außerdem unternahm MOHS Reisen, um diese Sammlungen durch eigene Aufsammlung von Gesteinen und Mineralien zu vervollständigen. HAIDINGER hatte sich in Elbogen

niedergelassen, wo seine Brüder eine Porzellanfabrik besaßen. Am 29. September 1839 stirbt MOHS in Agordo. Trotz seines schon kränklichen Gesundheitszustandes wollte er, bevor er sich in aktuellen geologischen Fragen festlegte, die italienischen Vulkane studieren. HAIDINGER trat seine Nachfolge an.

„Eine eigentliche Einladung oder Berufung konnte unter den damaligen Verhältnissen nicht stattfinden, ich musste selbst die Lösung durch ein Majestätsgesuch vorbereiten“,

berichtete er später in einer seiner zahlreichen Erinnerungen an jene Zeit (HAIDINGER, 1864, S. 153).

Am 14. April 1840 wird er zum Bergrat und Direktor der Mineraliensammlung ernannt, für die sich der Name „k.k. Montanistisches Museum“ einbürgert. Seine Aufgaben bestanden darin, diese zu erweitern, eine nach wissenschaftlichen Grundsätzen geordnete Aufstellung zu besorgen und Vorträge an einzuberufende Schemnitzer Bergakademiker zu halten. Diese Vorlesungen begannen 1843, sie waren

„... völlig kostenlos, ohne Prüfungen und verlangten von den Hörern nichts als einen Teil der Liebe und Begeisterung zu dem Gegenstand, den die Vortragenden dafür empfanden“ (PUCK, 1950, S. 19).

Dennoch,

„... Wien bildete für Geologie keinen anregenden und verbindenden Mittelpunkt im Kaiserreiche, aber auch ausserhalb war den viel beschränkteren Stellungen der Provinzen entsprechend kein Trieb zum Fortschritte wahrzunehmen, welcher der hohen Stellung des Großstaates Oesterreich angemessen gewesen war ...“ (HAIDINGER, 1864, S. 156).

Zwar trafen sich die „Männer der Wissenschaft“ in der Form eines „Salons“, doch blieb dem Forscher zu jener Zeit

„... die Anregung des Verkehrs mit den Fachgenossen versagt, ganz abgesehen davon, dass auch die wissenschaftlichen Beziehungen zwischen Oesterreich und dem Auslande nicht gerade erleichtert wurden. Ausser den Lehrsälen gab es kein Forum, an dem ein Gelehrter hätte Fachvorträge halten können und es gab namentlich auch nirgends eine geeignete Zeitschrift für grössere naturwissenschaftliche Publicationen ...“ (TIETZE, 1899, S. 686).

Franz VON HAUER etwa fand für ein Manuskript, das als Leitfaden für sein Kollegium der Paläontologie dienen sollte, das er 1844 im Alter von nur 22 Jahren eröffnete, keinen Verleger. Er war es denn auch, der zusammen mit HOERNES und PATERA

„... den eigentlichen Kern einer Vereinigung jüngerer Naturforscher, Montanistiker und Aerzte ...“

bildete,

„... die anfangs ihre zwanglosen Zusammenkünfte in dem Bierhause Zum Rothen Säbel auf der Hohen Brücke gehalten hatten ...“ (BÖHMERSHEIM, 1899, S. 103).

Am 8. November 1845 wendet sich HAUER mit der Bitte an HAIDINGER, die Räumlichkeiten des Montanistischen Museums für diese Versammlungen zur Verfügung zu stellen.

„Eine kleine Staatsunterstützung für eine naturwissenschaftliche Excursion, die für Simony beansprucht werden sollte, veranlasste den Fürsten v. Metternich am 7. Juli 1845, einen Bericht in dieser Beziehung von mir zu verlangen“ (HAIDINGER, 1864, S. 158f)

In diesem Bericht wird von HAIDINGER

„... mehrseitig der Mangel einer wirklichen naturwissenschaftlichen Gesellschaft in Wien ...“

erörtert. Schließlich erfolgte die Gründung der Kaiserlichen Akademie der Wissenschaften. Im Dezember 1847 kommt die mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse zu ihrer ersten Sitzung zusammen, auf der auch die Geologische Übersichtskarte der österreichischen Monarchie vorgelegt wurde.

Die Zeit war günstig für die Wissenschaften, denn Ferdinand Freiherr von THINNFIELD, der am ersten Lehrkurs von MAOHS am Joanneum teilgenommen hatte, war Minister geworden.

„... Thinnfeld war es, der die Wissenschaft und ihre Anwendung in den damaligen höchsten Regierungskreisen vertrat. Rege Theilnahme nach allen Richtungen ist immer wünschenswerth. Ansichten wechseln, die erbittertsten Kämpfe, blutige Lösungen, mit dem Aufwande von Lebenszeit und Menschenleben, und von den Gegenständen, welche dasselbe erleichtern, gehen über uns hinweg, oft ohne auch nur eine Spur von Fortschritt zurückzulassen, am sichersten keinen, der dem unendlichen Aufwande entspricht. Hier hat unser Thinnfeld ein Denkmal für wahren Fortschritt zurückgelassen, für wahren Fortschritt, der allein dem Leben Werth verleiht. Ich wäre ungerecht, gegen alle Theilnehmer an unsern Arbeiten, gegen alle Freunde und Förderer derselben, von den ältesten Zeiten her, wollte ich sagen, Thinnfeld habe nicht schon so Manches vorbereitet gefunden; aber das ist eben sein grosses Verdienst in der Zeit und um unser Oesterreich, dass er ein Ganzes schuf, welches als anerkannte Einheit dastand. Dies ist die Geschichte so vieler Erfindungen und Entdeckungen, im rechten Augenblicke die rechte That ...“,

schreibt HAIDINGER (1868, S. 333f) in einem Nachruf. Die erdwissenschaftliche Durchforschung durch staatliche Einrichtungen war in einigen Ländern bereits üblich, so etwa in England.

„Der wissenschaftliche Gewinn dieser geologischen Anstalt aber kann in jeder Beziehung unschätzbar genannt werden, und Niemanden wird der segensvolle Einfluss entgehen, welchen dieselbe auf die Erhöhung der Staats- und Volkswirtschaft im Allgemeinen ausübet ...“ (THINNFIELD, 1850, S. 2).

THINNFIELDS Hauptargument war die Gewährleistung der materiellen Unabhängigkeit eines Staates durch die Urproduktion. Schließlich gibt der Kaiser dem Antrag in einer Allerhöchsten Entschliessung am 15. November 1849 statt. An diesem Tag beginnt ein neuer Abschnitt in der erdwissenschaftlichen Erforschung Österreichs –

„Des Kaisers Wort ist unser Beginn.“,

sagt HAIDINGER (1859, S. 1) in einer Ansprache.

In seinem „Allerunterthänigsten Vortrag des treuehorsaamsten Ministers für Landescultur und Bergwesen“ hatte THINNFIELD (1850, S. 3) sehr genaue Vorstellungen über die von der neuen wissenschaftlichen Einrichtung durchzuführenden Arbeiten unterbreitet:

„Nach reiflicher Erwägung dieses Gegenstandes, über Einvernehmung wissenschaftlicher, mit diesem Gegenstande vertrauter Männer und mit Berücksichtigung der in anderen Ländern gemachten Erfahrungen, glaube ich die zu lösende Aufgabe in der Art näher zu bezeichnen, dass

1. das ganze Kaiserreich geologisch untersucht und durchforscht werde.

2. Die hiebei gesammelten Mineralien wären in dem Museum mineralogisch und paläontologisch zu bestimmen, sodann aber in einer systematischen Sammlung zu ordnen.
3. Alle eingesammelten Erd- und Steinarten, Erze und sonstigen Fossilien sollen in dem chemischen Laboratorium einer analytischen Untersuchung unterzogen werden.
4. Eben so wären die verschiedenen Hüttenproducte des Reiches zu sammeln und zu untersuchen.
5. Ueber die geognostischen Erhebungen müssten nicht nur die bereits vorliegenden Karten revidirt, ergänzt und mit möglichst vielen Durchschnitten versehen, sondern auch ganz neue geologische Detail- und Uebersichtskarten nach jenen Maßstäben, welche den Generalstabs-Karten zum Grunde liegen, angefertigt und der Oeffentlichkeit übergeben werden.
6. Alle gesammelten Wahrnehmungen und wissenschaftlichen Forschungen wären in ausführlichen Abhandlungen zur allgemeinen Kenntniss zu bringen.
7. Für die hiernach entstandenen wissenschaftlichen Werke, Karten, statistischen Tabellen u. dgl. würden wohlgeordnete Archive anzulegen seyn.“

Es galt also,

„... die geologische Natur nach einem zusammenhängenden Plane zu ergründen, und sie zur allgemeinen Benützung bekannt zu machen ...“ (HAIDINGER, 1850, S. V)

oder, wie HAIDINGER (1851, S. 13) an einer anderen Stelle sagt,

„... Förderung der geologischen Kenntniss des Landes, gegründet auf genaue Kenntniss der Gesteine in allen Beziehungen, im Einklang mit dem Fortschritte der sämtlichen Naturwissenschaften ...“

Die Sammlungen der k.k. Hofkammer im Münz- und Bergwesen bildeten die Grundlage für das Museum der Geologischen Reichsanstalt (HAIDINGER, 1850b, S. 153f), die sich auch an zahlreichen Ausstellungen, etwa der Pariser Weltausstellung im Jahr 1856, beteiligte. An den Sommeraufnahmen nahmen zahlreiche junge, idealistische Forscher, unter ihnen viele spätere bedeutende und angesehene Fachleute teil.

„Bald ist die neue geologische Reichsanstalt im ganzen Kaiserreich bekannt, sie wird von Staatsbehörden, Vereinen und Privaten zu Rat gezogen. Auf Anfragen werden Auskünfte erteilt, geologische Verhältnisse dargestellt, Gesteinsanalysen durchgeführt, die Heizkraft von Braun- und Steinkohlen bestimmt etc. ...“ (LABURDA, 1951, S. 23).

Mit besonderem Stolz erfüllen jedoch Lobesworte des „hohen Meisters im Kosmos“ Alexander VON HUMBOLDT, auf die auch später immer wieder verwiesen wurde.

„Wie glücklich ist nicht die Schöpfung einer geologischen Reichsanstalt gewesen, das immer genährte Lebensfeuer, die periodisch mit der Wissenschaft einverstanden, veränderten Richtungen der fortlaufenden Beobachtung ...“ (HAIDINGER, 1856, S. 834).

Dennoch wird bereits 1853, anlässlich der Aufhebung des Ministeriums für Landeskultur und Bergwesen, und in der Folgezeit immer wieder, von einer Vereinigung der Geologischen Reichsanstalt mit der Akademie der Wissenschaften gesprochen. Am deutlichsten wird diese Forderung im Sommer 1860 erhoben und mit mehreren schweren Vorwürfen begründet. So sei etwa der Plan der

geologischen Landesaufnahme nicht durchdacht, da man mit dem ohnehin gut durchforschten Teil begonnen habe und erst nach vielen Jahren in Bereiche mit noch unbekannten geologischen Verhältnissen gelangen werde. LABURDA (1951, S. 40f), die in ihrer Dissertation die damaligen Geschehnisse nachzeichnet, weist völlig zu Recht darauf hin, dass damals die geographischen Karten, die ja die Grundlage für die geologische Erfassung bilden, in den östlichen und südöstlichen Kronländern noch fehlten.

Bereits mehr also ein Jahrzehnt zuvor hatte Ami BOUÉ (1848, S. 62) in einer Versammlung am 7. Jänner 1848 paradigmatisch am Beispiel der Geologischen Gesellschaft in Paris jene Argumente vorgetragen, die für die Selbstständigkeit wissenschaftlicher Anstalten sprechen.

„Welches schönere Beispiel könnte ich von der Zweckmäßigkeit solcher Vereine geben? Wer wird mich Lügen strafen können, wenn ich behaupte, dass jede wichtige geologische Zeitfrage in jener Gesellschaft nicht nur vorgetragen, sondern in öffentlichen Sitzungen sowohl als in den täglichen Zusammenkünften gründlich besprochen wurde. Möge eine Akademie noch so nützlich seyn wie immer, wie kann so etwas Aehnliches von letzteren geleistet werden, da in jetzigen Zeiten allgemeine Kenntnisse nie die speciellen ersetzen können. Gestehen wir lieber, dass die Zwecke der Akademien und der speciellen Vereine verschieden sind, so dass sie sich gegenseitig ersetzen oder vervollständigen, das könnte und wird hoffentlich seyn, aber keine Herabsetzung der Vereine, denn man wäre blind oder wollte es seyn.“

HAIDINGER wollte die Wissenschaften in ihrer ganzen Vielfalt gefördert sehen. Und so hat er bereits 1850, kurze Zeit nach der Errichtung der Geologischen Reichsanstalt

„... in an die massgebenden Stellen gerichteten Eingaben die Gründung eines Museums für vergleichende Anatomie, die Förderung der Herstellung geographischer Karten zur Gewinnung der nothwendigen Grundlagen für die geologischen Aufnahmen, die Gründung eines ethnographischen Reichsmuseums und die Gründung einer Lehrkanzel für Geologie und Palaeontologie an der Universität Wien als zeitgemässe Forderungen hingestellt und befürwortet ...“ (STACHE, 1900, S. 15).

Ein weiteres

„... Samenkorn für künftige Entfaltung ...“

sät er bei einem Vortrag im November 1853.

„Wie es sich aber in den Versammlungen längst bewährt hat, schliesst sich immer an das geologische auch das geographische Interesse an. Durch die zahlreichen Berührungen stellt sich immer dringender und klarer das Bedürfniss heraus, dass wir in Wien, nebst den bisher organisirten und bestehenden Mittelpuncten für wissenschaftlichen Austausch, noch einen neuen zu gewinnen suchen sollten, eine Gesellschaft für Geographie ...“ (HAIDINGER, 1853, S. 845).

HAIDINGER war bestrebt, als zutiefst gläubiger Mensch (vgl. HAUER, 1865, S. 26),

„... versöhnend nach allen Richtungen zu wirken und die Kräfte jüngerer Freunde in der grossen Aufgabe des reinen, freien wissenschaftlichen Fortschrittes sich erproben zu sehen ...“ (HAIDINGER, 1860, S. IV).

Sein Grundsatz der Freiheit wissenschaftlicher Forschung und Meinungsäusserung, der

„... mit mancher hergebrachten Anschauung im Widerspruch ...“

stand (TIETZE, 1899, S. 692), war es vor allem, der ihn zum „Vereinigungspunkt“ für alle naturwissenschaftlichen Bestrebungen werden ließ,

„... zu einer Zeit, als in Wien noch keine Akademie der Wissenschaften, keine geologische Reichsanstalt, keine zoologisch-botanische und keine geographische Gesellschaft existierte ...“ (HOERNES, 1898, S. 120).

Und so schreibt Gustav ROSE (1871, S. 453) in seinen Erinnerungen zu Recht,

„... man kann wohl sagen, dass mit ihm erst der Aufschwung in der Naturforschung begonnen, der in der neueren Zeit in Wien und Oesterreich überhaupt stattgefunden hat.“

Angesichts dieser bedeutenden Leistung, der Grundsteinlegung für die heutige Infrastruktur unserer österreichischen Forschungseinrichtungen, mag es verständlich sein, dass seine eigenen wissenschaftlichen Arbeiten in wissenschaftsgeschichtlichen Publikationen meist nur am Rande Erwähnung finden. Doch

„... seine Mitwirkung bei der Gründung der kais. Akademie der Wissenschaften, sein Werk bei der Schöpfung der k.k. geologischen Reichsanstalt sind schliesslich nur einzelne, besonders beachtenswerthe Etappen ...“ (TIETZE, 1892, S. 213).

Sein Schüler und Freund FRANZ VON HAUER (1871, S. 31 u. 36), der ihn einen

„... Aristokrat des Geistes ...“,

nannte, schreibt:

„Unvergleichlich war seine Gabe an für Andere werthlosen und unscheinbaren Musterstücken von Mineralien und Felsarten bedeutungsvolle Wahrnehmungen zu machen und diese dann bis zur Feststellung wichtiger Entdeckungen zu verfolgen ...“

Diese Beobachtungsgabe, zusammen mit dem Leitsatz, niemals

„... von vorne herein eine ihm mitgetheilte Beobachtung oder Untersuchung, mochte sie noch so befremdlich erscheinen ...“

zu verwerfen (HAUER, 1871, S. 38), ließ ihn einige der wichtigsten Grundlagen erkennen, auf denen unser heutiges erdwissenschaftliches Weltbild aufgebaut ist.

Erstes Hauptstück und somit Ausgangspunkt der naturhistorischen Elementar-Methode ist die Terminologie.

„Einer jeden Methode liegt es ob, ihre wissenschaftlichen Begriffe hervorzubringen ...“ (MOHS, 1812, S. VI).

„Termini technici“ sind eine notwendige Bedingung für die Darstellung naturwissenschaftlicher Erkenntnisse. Die Formulierung von Informationen nach einer vorgegebenen Fachterminologie ist die grundlegendste Eintrittsbedingung in das Informationssystem einer Wissenschaft, für den Wechsel von der Prozeßebene zur Systemebene, die aus einem individuellen erst einen wissenschaftlichen Erkenntnisprozeß macht (OESER, 1979, S. 26). Deshalb mag es auch nur auf den ersten Blick überraschen, dass von allen wissenschaftsphilosophischen Fragen jene der Fachsprache und Begriffsbildung in der erdwissenschaftlichen Literatur am häufigsten behandelt wird. ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, S. 49f) beispielsweise setzen sich in ihrem Werk ausführlichst mit der Sprache der Geowissenschaften auseinander.

„Echte Erkenntnis führt zu exakten Begriffen und ohne exakte Begriffe ist wissenschaftliche Erkenntnis unmöglich ...“ (RICHTER, 1970, S. 458).

Auch wenn HAIDINGER die Terminologie im Sinne einer Kennzeichenlehre als Mittel verstand, um die Unterschiede,

„... Aehnlichkeit oder Verschiedenheit ...“,

der Minerale darzulegen (HAIDINGER, 1845, S. 4 u. 426) und somit weniger umfassend als heute, wo Terminologie die Gesamtheit der in einer Disziplin verwendeten Termini überhaupt umfaßt, also etwa in der Petrologie sowohl die Beschreibung der Gesteine als auch die Entstehungstheorien, so ist doch die erdwissenschaftlichen Begriffen zugrundeliegende Problematik damals wie heute gleich geblieben.

Die Konstruktion einer brauchbaren Kunstsprache ist ein induktiver Prozeß, der gerade in den beschreibenden Naturwissenschaften nicht durch willkürliche Benennungen und Unterscheidungen einzuführen ist.

„Gegenüber der natürlichen Alltagssprache bedeutet die technische Terminologie letzten Endes eine Präzisierung und Festlegung, die einmal festgelegt und definiert, keiner umschreibenden Erklärung mehr bedarf, da sie ex definitione eindeutig und klar sein muß ...“ (OESER, 1974, S. 23).

Jeder Fachterminus, darüber herrscht Einigkeit, soll seine festumrissene und wohldefinierte Bedeutung haben.

Ausgangspunkt für MOHS' Überlegungen war der Vorgang der Kristallisation und der damit verbundene

„... Begriff eines mineralogischen Individuums ...“.

„Was nicht krystallisiert, ist auch nicht individualisiert ...“ schreibt HAIDINGER (1845, S. 427).

„Das Individuum der unorganischen Natur ...“, definiert MOHS (1832, S. 25),

„... ist ein Mineral, welches einen von ursprünglichen Begrenzungen eingeschlossenen Raum einnimmt, und denselben mit einer homogenen Materie stetig erfüllt ...“,

wodurch er es zugleich vom Individuum in der Logik abgrenzt. Die Aufgabe des Menschen ist es, zu versuchen, die von der Natur hervorgebrachten Individuen mit ihren Eigenschaften durch Begriffe zu erfassen. Ohne einer genauen Definition von „Individuum“ würde daher die als Historia Naturalis verstandene Mineralogie, wie HAIDINGER (1845, S. 428) es drastisch formuliert,

„... keine unabhängige Wissenschaft ...“ mehr sein.

Es ist eine Tatsache, schreibt RICHTER (1970, S. 460),

„... daß im Bereich der Geologie erkenntnismäßige Schwierigkeiten und Probleme auftreten, wie sie in dieser Form und Schärfe durchaus nicht in allen Wissenschaften vorkommen ...“

Die „Exaktheit“ der Physik etwa besteht vor allem darin, dass ein großer Teil ihrer Begriffe einer besonderen Begriffsform zugehören, den quantitativen oder metrischen Begriffen,

„... die durch ein definitorisches Begriffsbildungsverfahren im Sinne logischer Grundoperationen eindeutig festgelegt sind ...“ (OESER, 1979, S. 40).

Die qualitativ-deskriptiven Begriffe der geologischen Beobachtungssprache hingegen stellen eine Präzisierung der Alltagssprache dar, wie sie sich vor allem im Arbeitsprozeß der Bergleute entwickelte, und der Umgangssprache der ersten auf erdwissenschaftlichem Gebiet tätigen Naturforscher (vgl. GUNTAU, 1984, S. 73f). Es handelt

sich also nicht, wie bei den metrischen Begriffen um eine „Definition durch Abstraktion“, sondern um Ähnlichkeitsbeziehungen, die sich rein formallogisch nicht eindeutig festlegen lassen (OESER, 1979, S. 40). Betrachtet man die „Exaktheit einer Wissenschaft“ und das „Auftreten quantitativer Begriffe“ als Synonyme, so ist eine „Exaktheit der Geologie“ für RICHTER (1970, S. 461)

„... eine *contradictio in adjectio*, also ein innerer logischer Widerspruch ...“.

Für die Definition geowissenschaftlicher Begriffe werden zumeist andere Begriffe herangezogen. Eine tatsächliche Verbesserung tritt daher nur dann ein, wenn ein ganzes System präziser Begriffe entwickelt wird.

„Es tritt ...“,

so RICHTER (1970, S. 459),

„... das Paradoxon auf, daß es einen exakten Begriff innerhalb einer Fachsprache erst dann geben kann, wenn alle Begriffe dieser Sprache exakt sind ...“

WATZNAUER (1956, S. 64) erläutert dies am Beispiel des Wortes „Granit“, das für den Satz

„... ein aus der Kombination von Alkalifeldspat und Quarz bestehendes Gestein ...“

steht. Dieses System in seiner Gesamtheit, die Fachsprache, ist durchaus kein geschlossenes System, denn es übt die bereits konstituierte Fachterminologie keinen absoluten Zwang aus, sie kann prinzipiell immer erweitert und verändert werden. Diese Erweiterung und Veränderung darf jedoch keine willkürliche sein, sondern muß methodisch begründet werden (OESER, 1979, S. 26). So werden in den Erfahrungswissenschaften jene Begriffe, die nicht empirisch begründet sind, größtenteils wieder eliminiert (OESER, 1974, S. 4).

Für den Laien stellt die Fachsprache eine „Schranke für die Verständlichkeit“ dar.

„Die Wissenschaft muß erlernt werden ...“,

sagt KOBELL (1853, S. 116),

„... und wer sie erlernt, dem wird auch die Sprache geläufig, derjenige Laie aber, der eine Wissenschaft nicht erlernen will, excommunicirt sich selbst und dem ist nicht zu helfen, ob man dann Pyrit oder Schwefelkies, Sphalerit oder Blende sagt ...“

Schwieriger wird es jedoch, wenn die mögliche Diskrepanz

„... zwischen der Codierung eines Textes durch den Autor und der Decodierung durch den Leser ...“ (ENGELHARDT & ZIMMERMANN, 1982, S. 25)

nicht zwischen Wissenschaftler und Laie, sondern zwischen Wissenschaftler und Wissenschaftler zu Tage tritt. So beklagt WATZNAUER (1956, S. 64f), dass der bereits vorher erwähnte Weg

„... zur Erzielung einer Denkökonomie, um die Beherrschung eines größeren Wissensgebietes zu ermöglichen ...“

nicht weitergegangen wird. Er sieht darin einen

„... jede Entwicklung hemmenden Bazillus ...“,

der die Wissenschaft in Gefahr bringt, in einem

„... babylonischen Wirrwarr ...“

zu versinken. Zwar kann sich der Fachmann meist dadurch helfen, dass er die Bedeutung eines Begriffes aus dem Kontext, in dem dieser auftritt, herausliest, doch widerspricht dies dem eigentlichen Ziel, das mit der Konstituierung einer wissenschaftlichen Terminologie verfolgt wird und verkehrt sich ins Gegenteil, zu einem Hindernis beim Erkenntnisfortschritt.

Bei einem interdisziplinären Projekt der Deutschen Forschungsgemeinschaft (1995, S. 7) über Kristallstruktur und Kristalleigenschaften wurde

„... *a priori*, die Offenbarung von Unkenntnis nicht scheuend, nach der Bedeutung von nicht allgemeinverständlichem Fachidiotismus gefragt, und danach, ob Fremdwörter nicht durch allgemeinverständliche naturwissenschaftliche Ausdrücke ersetzbar seien. Der Entrümpelungseffekt war beachtlich, anfängliche interdisziplinäre Verständigungsschwierigkeiten und Berührungssängste bauten sich dadurch schnell ab ...“

Hundertfünfzig Jahre davor schrieb HAIDINGER (1845, S. 5) in seinem Handbuch:

„Man muss jedoch im Gebrauche stets die Urtheilskraft gewähren lassen, um zu unterscheiden, ob es zur Deutlichkeit beiträgt, sich ihrer in einem oder dem andern Falle zu bedienen. Ein ängstliches Vermeiden, Ausdrücke zu gebrauchen, die verständlich sind, ohne gerade in den Kreis der definirten zu gehören, erzeugt gar zu leicht Pedantismus, und nur innerhalb der Schule giltige Lösungsworte, welche der allgemeinen Anwendbarkeit mehr schaden als nützen. Kommt es auf feinere Untersuchungen, auf genaue Bestimmungen an, dann müssen aber die genauen Ausdrücke da seyn, denn dann sind sie unentbehrlich. Namen sind nicht Definitionen, sie sollen den Gebrauch erleichtern, nicht ihn erschweren ...“

Entscheidend für die Systematisierung der Erkenntnis in den beschreibenden Naturwissenschaften ist jedoch die von der allgemeinen Terminologie zu unterscheidende Nomenklatur. Diese Nomenklatur, das dritte Hauptstück der HAIDINGERSchen Mineralogie,

„... begreift die Regeln der Namengebung ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 461),

eine geschlossene Menge von Termini, die sich auf einen bestimmten Bereich systematisch geordneter Gegenstände beziehen (ENGELHARDT & ZIMMERMANN, 1982, S. 50). Sie ist aber nicht nur in der Systematik unabdingbare Voraussetzung, vielmehr ist auch das vierte Hauptstück, die Charakteristik, deren Zweck es ist,

„... den Namen des Minerals zu finden, wenn man die naturhistorische Beschaffenheit desselben kennt ...“,

ohne sie nicht denkbar (HAIDINGER, 1845, S. 476). Deshalb wurden die Grundsätze der Nomenklatur im 19. Jahrhundert geradezu leidenschaftlich erörtert.

Da also die Nomenklatur der Inbegriff von Namen und Benennungen ist,

„... welche in der Naturgeschichte mit den anschaulichen Vorstellungen ihrer Begriffe verknüpft werden ...“,

fordert der Begriff der Naturgeschichte überhaupt,

„... dass die Nomenklatur systematisch sey ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 6).

Den ersten bedeutsamen Versuch in diesem Sinne unternahm LINNÉ 1735 in seinem „Systema naturae“, wobei er das Mineralreich nach den selben Grundsätzen wie das Tier- und Pflanzenreich gliederte. Jedes Mineral erhält zwei lateinische Namen, deren erster das Geschlecht, deren zweiter die Art angibt, eine binäre, der aristotelisch-scholastischen Definitionstheorie entlehnte Nomenklatur. Dadurch wird der feinkristalline Alabaster als Gypsum alabastrum vom herkömmlichen Gips, Gypsum usuale, unterschieden (LÜSCHEN, 1979, S. 103). Der zu definierende Begriff wird als Element einer Klasse bestimmt, genus proximum, und durch ein spezifizierendes Merkmal, differentia specifica, aus der Klasse hervorgehoben. Mit der

Anwendung dieser aus der klassischen Logik geläufigen Form der Definition wurde LINNÉ in der Nomenklatur der Zoologie und Botanik bahnbrechend. So konnte sie sich in den geowissenschaftlichen Disziplinen vor allem in der Paläontologie verbreiten. In der Mineralogie hingegen war sie, wie HAIDINGER (1845, S. 462) meint, deshalb nicht haltbar,

„... weil sie sich nicht auf wahre mineralogische Spezies beziehen konnte, deren Existenz damals noch nicht erkannt war ...“

Die systematische Nomenklatur konnte aber, wie bereits KOBELL (1853, S. 126), der sich in einem umfassenden Werk mit der mineralogischen Nomenklatur auseinandersetzte, richtig erkannte, deshalb keinen Eingang in die Mineralogie finden, weil diese als Wissenschaft eben nicht analog zu behandeln sei wie Botanik und Zoologie.

„Auch muß man den Hauptzweck aller Systematik und systematischen Nomenklatur nicht aus den Augen verlieren und der ist kein anderer, als die Species durch Namen und Gruppierung zu unterscheiden, überschaubar zu machen, und ihr Bestimmen und Auffinden zu erleichtern. Wenn dieser Zweck nach irgend einem systematischen und danach gemodelten nomenklatorischen Princip nicht erreicht wird, so taugt das Princip für die Mineralogie (in ihrem jeweiligen Zustande) nichts und wenn es auch für die Botanik und Zoologie noch so bewährt gefunden worden wäre. Das ist der Kern der Sache und alles Berufen auf Autoritäten kann dessen Wesen nicht verändern.“

MOHS freilich mußte, entsprechend seinem Verständnis von der Mineralogie als einer naturhistorischen Elementar-Methode

„... in den Geleisen Linnés wandeln ...“

und

„... war der Ansicht, daß nur die systematische Nomenklatur im Stande sey, die Forderungen zu erfüllen, welche die Naturgeschichte überhaupt an die Nomenklatur zu stellen habe“ (KOBELL, 1864, S. 366).

„Mohs legte die einfachen Namen auf die Ordnung. Die Ordnungsamen bilden also die Grundlage seiner systematischen Nomenklatur. Es sind ihrer nicht mehr als zweiundzwanzig. Sie sind aus alten einzelnen Namen tadellos zusammengestellt. Das Genus wird durch einen zusammengesetzten Namen bezeichnet, so in der Blende die Genera, Glanzblende, den Glanzen nahestehend, Rubinblende, durch die schönen rothen Farben an Rubin erinnernd, Granatblende, das Verhältnis der Formen bezeichnend, Purpurblende, wegen der Farbenschattirung“ (HAIDINGER, 1845, S. 462).

Dem liegt das binäre Prinzip zugrunde, zusammengesetzte Namen werden aus einfachen gebildet und bei Benennungen Hauptwörter durch Beiwörter näher bestimmt. HAIDINGER (1829, S. 130) erläutert dies an folgendem Beispiel:

„Der Name: hexaedrischer Eisenkies, ist zusammengesetzt aus dem Ordnungsamen Kies, der durch eine nähere Bestimmung in den Geschlechtsnamen Eisenkies verwandelt ist, und aus dem Beiworte hexaedrischer. In demselben Geschlechte giebt es noch den prismatischen und rhomboedrischen Eisenkies, in derselben Ordnung aber noch die Geschlechter Nikelkies, Arsenikkies, Kobaltkies und Kupferkies.“

Der heftigsten Kritik wurde die MOHSSche Nomenklatur wohl von HERSCHEL unterzogen. Wäre

„... die Wissenschaft vollkommen, so würden sich Classificationssysteme aufstellen lassen, welche jedem Gegenstande in der Natur einen Platz in irgend einer Klasse anweisen würden, der ihm vorzugsweise mehr als irgend ein anderer zukäme und an welchem er einen, nie nachher wieder zu verändernden Namen bekommen könnte ...“

Obwohl dies nicht zutrifft, nahm man künstliche Klassen aus

„... Sucht zum Anordnen ...“

als

„... Basis einer strengen Nomenklatur ...“.

„Die Krone ist diesem höchst unangemessenen und verwirrten Zustande der Dinge zuletzt durch die Erscheinung eines, in anderer Beziehung ungewöhnlich verdienstvollen und daher die höchste Autorität besitzenden, Systemes aufgesetzt worden, in welchem Namen, die allgemein in Umlauf waren, die sich bisher mitten in der allgemeinen Verwirrung fest behauptet hatten und sogar in den gewöhnlichen Sprachgebrauch übergegangen waren, indem sie als Benennungen unzweifelhafter Species galten, nun mit einemmale zu generischen gemacht und auf ganze Gruppen von Gegenständen ausgedehnt wurden, welche in nichts als in den willkürlichen Klassifikationsprincipien mit einander übereinstimmen, denen zufolge die wichtigsten Beziehungen absichtlich und geständigermaßen ganz verworfen werden“

(vgl. KOBELL, 1853, S. 126f). HERSCHEL bezweifelt daher, daß es für die wesentlichen Zwecke der Wissenschaft wünschenswert ist, daß man nach einer

„... äußersten Vollendung der systematischen Nomenklatur strebe.“

Bereits seit altersher wurden Minerale mit Trivialnamen versehen. Darauf aufbauend propagierte vor allem WERNER eine „triviale Nomenklatur“, die in der Wissenschaft brauchbar sein sollte. Er griff dabei vor allem auf die deutsche Bergmannsprache zurück und stellte acht allgemeine Regeln für diese Namen auf, sie sollten

„... unterscheidend, sach- und sprachrichtig, bezeichnend, kurz, festgesetzt, einzig und ausgezeichnet ...“

sein (KOBELL, 1864, S. 174).

„Wäre die wissenschaftliche Nomenklatur ...“,

schreibt LÜSCHEN (1979, S. 156),

„... in ihrem Gesamtcharakter so geblieben, wie Werner sie gestaltete, dann wäre ein Name wie Fernsehstein in der Wissenschaft möglich, ebenso möglich wie Fettstein, Stinkstein, Spargelstein, Bergbutter, Namen, die Werner nicht nur beiläufig erwähnte, sondern als Gattungsbezeichnungen in sein System aufnahm ...“

Wie schon in der Terminologie, wird auch für die Nomenklatur vielfach das Bild vom babylonischen Turmbau bemüht,

„... der am Ende eingestellt werden mußte, weil keiner mehr den Andern verstand. Freilich war immer Einigen nicht sowohl um den großen mineralogischen Thurm zu thun, als um einen Erker daran, welchen sie nach Wissen und Geschmack zur eigenen Wohnung sich ausbauten und nach Bequemlichkeit einrichteten und das zuweilen auf eine so seltsame Weise, daß man sich kaum des Gedankens erwehren kann, es sey darauf abgesehen gewesen, die Neugier rege zu machen, wer denn da wohne, wer denn diese Curiosität geschaffen habe ...“ (KOBELL, 1853, S. 2f).

KOBELL vergleicht diesen Zustand mit dem „Chaos confusions“ in der Botanik vor LINNÉ und wählt

„... ein allgemein gekanntes und wohl untersuchtes Mineral, das molybdänsaure Bleioxyd ...“

um dies zu verdeutlichen.

„Ein Schüler von Mohs würde, um es zu bezeichnen, vom pyramidalen Bleibaryt sprechen, ein Schüler Breithaupts aber vom tautoklinen Xanthinspath, ein Schüler Hausmanns würde es Bleigelb nennen, während es die Wernesianer Gelbbleierz genannt haben, ein Schüler Haidingers nennt es Wulfenit, bei Brooke heißt es Carinthit, bei Beudant Melinose und nun kommen noch die lateinischen Namen dazu: *Pyramidites tautoclinus*, *Wulfenites pentatomus*, *Cronalus pyramidalis*, *Plumbum molybdaenium* ...“

Zwar ist man sich der Notwendigkeit bewußt, daß jedes Mineral nur einen Namen haben soll und doch beginnt, so HERSCHEL, jeder Mineraloge diese Wissenschaft zunächst damit

„alle frühere Nomenklatur bei Seite zu schieben und eine neue an ihre Stelle zu setzen ...“

HAIDINGER (1845, S. 464f) erkennt, daß neben dem Ausdruck der naturhistorischen Ähnlichkeit in einem System durch Benennung es ein

„... eben so dringendes und wahres Bedürfnis ist, für jede Spezies einen eigenen spezifischen Namen zu haben ...“.

So haben etwa die beiden wichtigen Spezies, der kristallinische Kalkspath, der zur höheren Klassifikationsstufe Spath gehört, und der zusammengesetzte Kalkstein, der höheren Klassifikationsstufe Stein zugehörig, keinen spezifischen Namen. Die triviale Nomenklatur kann jedoch nicht herangezogen werden,

„... weil die Namen nur einzelnen Punkten einer Reihe angehören ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 472).

Ähnlich wie LINNÉ zwischen den bereits bestehenden Vorschlägen für botanische Benennungen den entscheidenden Mittelweg fand (vgl. OESER, 1974, S. 24f), gelang dies HAIDINGER in der Mineralogie. Während er zunächst ebenfalls nur die systematische und die triviale Nomenklatur unterschied (HAIDINGER, 1829, S. 130), von der die eine, wie bereits gezeigt, an der Künstlichkeit und Unvollkommenheit der zugrundeliegenden Systematik litt, die andere nur innerhalb beschränkter Grenzen anwendbar war und die Species nicht einmal anzudeuten vermochte, weshalb sie wissenschaftlich wenig brauchbar war, führte er 1845 in seinem Hauptwerk genaue Regeln für eine spezifische Nomenklatur ein. Auf das oben genannte Beispiel angewendet führte sie den Namen „Calzit“, der zuvor von FREIESLEBEN für die Kalkspath-Pseudomorphosen von Sangerhausen geprägt worden war, in seiner heutigen Bedeutung in die mineralogische Literatur ein.

Ausgehend davon, dass die Spezies

„... die wichtigste der zu bezeichnenden Stufen des Systems ...“

sind, können diese auch selbstständig und nicht nur im Zusammenhang, wie dies in der systematischen Nomenklatur der Fall ist, bezeichnet werden (HAIDINGER, 1845, S. 461). HAIDINGERS große Verehrung für seinen Lehrer kommt unter anderem auch dadurch zum Ausdruck, dass er meint, bereits MOHS habe die Notwendigkeit von einfachen, auf den Spezies liegenden Namen „gefühl“ (HAIDINGER, 1845, S. 6). Seine Nomenklatur, die von der Wissenschaft großteils aufgenommen wurde und, trotz aller Modifikationen, die der wissenschaftliche Fortschritt erforderlich machte, bis in die heutige Zeit die Grundlage der mineralogischen Namengebung geblieben ist, hat

aber jene von MAOHS genauso verdrängt, wie jene WERNERS und anderer Forscher. So wurde

„... Werners Magneteisenstein in Magnetit, sein Rotkupfererz in Cuprit, sein Haarkies in Millerit, sein Sprödglasserz in Stephanit, Hausmanns Kobaltkies in Linneit, Breithaupts Rotzinkerz in Zinkit ...“

umbenannt (LÜSCHEN, 1979, S. 134f).

Während sich die spezifische Nomenklatur nach und nach durchzusetzen begann, wurden daneben immer noch mehr oder weniger glückliche andere nomenklatorische Versuche unternommen. Eine wahre Kuriosität ist dabei die 1854 von VOGLER in seinem Buch „Die Krystallographie oder Formenlehre der stoffeinigen Körper“ entwickelte.

„Man kann kaum glauben ...“,

schreibt KOBELL (1864, S. 368),

„daß es ein Gelehrter ernstlich damit gemeint habe. Da findet sich z.B. ein plättlig-kreuzlig-dreifachvornstreblich-vornhalbfirstliger, gieblig-schräfliger, kreuzgiebliger Wolframit-Schärfling; ein wendelkreislig-kreislicher, wendelspindlig-spindlicher, rechtstrugspindlig-wendlicher Apatit-Ständling; ein rechtsknöchelhöckertimplig-knöchlig-flachkippliger, linksknöchelhöckertimplig-würfliger linker Fahlerz-Timpling u.s.f. ...“

HAIDINGERS Vorschläge fanden nicht nur deshalb weite Verbreitung, weil die zunehmende Anzahl an Mineralien eine leicht anwendbare und allgemein anerkannte Nomenklatur erforderlich machte und bedeutende Mineralogen der damaligen Zeit, wie KOBELL und KENNGOTT, sich dafür aussprachen, sondern auch, weil er sich um internationale Anerkennung bemühte. Dem mußte ein reicher deutscher Namensbestand, wie er etwa in der WERNERSchen Nomenklatur vorherrschte, entgegenstehen. HAIDINGER ersetzte daher Namen, die nur in einer bestimmten Sprache verständlich sind, durch allgemein verständliche. Dabei hielt er es für zweckmäßig,

„... aus den gelehrten toten Sprachen, der lateinischen und vorzüglich der griechischen ...“

zu schöpfen (HAIDINGER, 1845, S. 466). Bereits BERGMAN hatte in seinen „Meditationes de systemate fossilium“ gefordert, als Namensquelle die lateinische Sprache zu wählen und BEUDANT bemühte sich um die Einführung der griechischen Namen (KOBELL, 1864, S. 174 u. 369). Es sei von Vorteil, um keinerlei Eifersucht Raum zu geben,

„... gerade einer toten Sprache, wie die griechische oder lateinische ...“

die Namen zu entnehmen,

„... denn nur gegen die Toten herrscht keine Eifersucht. Damit sollen unsere guten deutschen Namen und überhaupt althergebrachte in irgend einer lebenden Sprache keineswegs beseitigt werden, was auch ein ganz unnützes und vergebliches Bemühen wäre, es soll aber für jede Species ein Name bestehen, der von Allen, welche die Wissenschaft pflegen, verstanden wird, ob sie nun dieser oder jener Nation angehören ...“ (KOBELL, 1853, S. 116).

Das griechische Alphabet wurde ja später, nachdem man den Kristallbau zu erforschen begann, auch verwendet, um die verschiedenen Modifikationen eines Minerals zu bezeichnen.

Die wichtigste der aufgestellten Regeln zur Bildung spezifischer Namen lautet:

„Die Namen sollen einfach, nicht zusammengesetzt seyn ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 465),

und sie hat bis heute unverändert ihre Gültigkeit bewahrt.

„Efforts should be made to choose a simple name rather than an excessively complicated one that may be difficult to read or pronounce ...“

heißt es in den Anleitungen der zuständigen Kommission der International Mineralogical Association (NICKEL & MANDARINO, 1988, S. 279). Mit Konsequenz ersetzt HAIDINGER daher eine Reihe gut eingeführter Namen, wobei er sich einerseits auf BEUDANT stützte, andererseits die Namen aber auch gänzlich neu bildete, wo er dies für erforderlich hielt, obwohl er sich der Problematik dieser Vorgangsweise bewußt ist.

„Es bleibt immer misslich, mit einer solchen Menge von Namen auf einmal die ohnedem durch so viele Synonyme überreiche mineralogische Nomenklatur noch zu vermehren ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 470).

Damit erkennt er eines der Hauptprobleme und macht einen Lösungsvorschlag. „Wer die Spezies neu bestimmt, gibt ihr den Namen. Die nämliche Spezies in anderen Varietäten neu zu beschreiben und zu benennen, zeigt zu wenig Bekanntschaft mit der Summe der bereits gesammelten Erfahrungen, als dass derjenige, welcher dies ausführt, schon dem Geschäfte, welches er übernimmt, gewachsen gewesen wäre, oder die Bedürfnisse der Naturgeschichte aus dem richtigen Gesichtspunkte aufgefasst hätte. Absichtliche Veränderungen guter Namen beweisen Geringschätzung früherer Forscher, und verdienen nicht angenommen zu werden“ (HAIDINGER, 1845, S. 466). Werden zwei Minerale unabhängig voneinander bestimmt und benannt, fordert KOBELL (1853, S. 120) einen Vorrang für den von jenem Forscher vorgeschlagenen Namen,

„... welcher die gründlicheren und umfassenderen Untersuchungen des betreffenden Minerals ausgeführt hat ...“.

Gerade darüber konnte man zur damaligen Zeit freilich sehr unterschiedlicher Auffassung sein, je nach dem, ob man mehr der chemischen oder kristallographischen Richtung der Mineralogie anhing.

Ein recht anschauliches Beispiel für die Entstehung von Synonymie lieferte nicht zuletzt HAIDINGER (1848, S. 282) selbst, indem er ein Eisen-Nickel-Phosphid, das PARTSCH in der Umgebung von Arva gefunden hatte, „Schreibersit“ nennt. Denselben Namen hatte der amerikanische Naturforscher SHEPARD (1846, S. 383) bereits ein Jahr zuvor einem Chrom-Schwefel-Mineral aus einem Meteorstein in Süd-Carolina gegeben.

„Unzweifelhaft hat dieser letztere Name die Priorität ...“, erkennt HAIDINGER zwar, bricht aber dennoch die von ihm selbst vorgeschlagene Regel, da

„... die Priorität nur eine Regel der Uebereinkunft, die in einzelnen Fällen anders geordnet werden kann ...“

sei. Er schlägt für SHEPARD'S Mineral den Namen „Shepardit“ vor, dieser wiederum für HAIDINGER'S „Schreibersit“ den Namen „Partschite“, dazu kamen noch einige weitere Synonyme, sodass durch eine derartige Vorgangsweise der Unübersichtlichkeit Tür und Tor geöffnet war. Erst sehr spät, 1959, hat man versucht, indem man diese Problematik durch die Gründung der CNMMN institutionalisierte, die Synonymie in der mineralogischen Nomenklatur in den Griff zu bekommen. Jener Mineralname, der zuerst bei der Kommission eintrifft, erhält Priorität und gilt als angenommen, wenn Zweidrittel der Kommissionsmitglieder bei einer Beteiligung von mindestens der Hälfte aller Mitglieder dafür stimmt (vgl. NICKEL & MANDARINO, 1988, S. 275f).

Spezifische Namen können ihren Ursprung in fünf Bereichen haben (HAIDINGER, 1845, S. 466f). Zunächst gibt

es „alte Stammnamen“. „Salz“ beispielsweise wird weiterhin verwendet, obwohl es seinen ursprünglichen Sinn verloren hat.

„Sollen wir nun ...“,

fragt HAIDINGER,

„... um konsequent zu seyn, keine Salzbergwerke mehr haben, sondern Chlorür- oder Chlor-Natrium Bergwerke?“

Weiters werden Namen vergeben nach allgemeinen naturhistorischen Ähnlichkeiten, einzelnen naturhistorischen Eigenschaften, chemischen oder allgemeinen, Lokalitäten und Personen. KOBELL (1853, S. 5f) hat diese Gliederung später modifiziert und unterschied Namen 1. aus der griechischen und skandinavisch-deutschen Mythologie, 2. nach Gelehrten und Freunden der Mineralogie, 3. nach Fundorten, 4. nach der Krystallisation und Struktur, 5. nach der Farbe, 6. nach Härte, spezifischem Gewicht und anderen physischen Eigenschaften, 7. nach dem chemischen Verhalten und der chemischen Zusammensetzung, 8. nach willkürlichen Beziehungen und Deutungen und 9. unbekannten oder zweifelhaften Ursprungs.

„Uraltem Gebrauche huldigend, setzen wir als eine Hauptquelle die Namen von Personen, theils von Gelehrten, theils von Gönnern und Förderern der Wissenschaft ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 469f).

KOBELL (1853, S. 9f) läßt diese Namen jenen der Götter und mythologischen Personen folgen. Es war aber gerade die Benennung von Mineralen nach Personen, die auf teilweise heftigste Kritik stieß. Man würde dadurch, so BREITHAUP, die wissenschaftliche Nomenklatur

„... zu einer leeren Complimentenmacherei herabwürdigen ...“ (zit. n. KOBELL, 1853, S. 34).

Für ihn gehören

„... solche Gevatternschaften ...“

in das

„... Gespräch, während dessen man Thee braut ...“

HAIDINGER hat diese Vorgangsweise jedoch immer wieder gewählt, beispielsweise bei der Benennung eines im ungarischen Schwefelbergwerk Kalinka bei Vegles gefundenen, zur Pyritgruppe gehörenden, Mangansulfids, das er nach seinem Freund und dessen Vater „Hauerit“ nannte (HAIDINGER, 1847, S. 104f u. HAUER, 1847, S. 2f), und er hat sie auch leidenschaftlich verteidigt, etwa anlässlich der Einführung eines Namens für das Glimmermineral „Brandisit“, für das BREITHAUP die Benennung „Disterrit“ vorschlug (HAIDINGER, 1847b, S. 5).

„Das Denkmal ehrt ...“,

so HAIDINGER,

„... den, dem es gesetzt wird, aber auch den, der es setzt ...“

und überdies würde durch die Namen der jeweiligen Zeit auch der Fortschritt der Wissenschaften bezeichnet. Das zuvor angeführte Beispiel konnte allerdings als eigenständiges Mineral nicht bestehen und wurde bereits 1850 in DANAS Systematik mit dem „Clintonite“ vereinigt. Mineralogen, die sich für Personennamen aussprachen, wandten sich wiederum gegen andere etymologische Ursprünge. HAÜY etwa tadelt

„... die Namen nach den Fundorten, denn wolle man z.B. den Idokras vom Vesuv – Vesuvian nennen, wie in Deutschland geschehe, so liege darin einerseits ein Pleonasmus, andererseits aber, in Rücksicht, dass es auch einen Idokras aus Sibirien gebe, ein Widerspruch ...“ (zit. n. KOBELL, 1864, S. 364).

Einen Einwand, den KOBELL (1853, S. 48f) mit der Analogie entkräftet, dass es auch Familien gäbe,

„... die ihren Namen vom Stammschlosse tragen, dasselbe aber theilweise gar nie gesehen haben und in verschiedensten Ländern verbreitet sind ...“.

Ebensogut kann man von einem

„... Vesuvian vom Vesuv, vom Wilwi-Fluße in Siberien, von Arendal, Fassa etc. sprechen und es wird an dem Namen immerhin erkannt, dass das Mineral am Vesuv zuerst gefunden wurde oder da in ausgezeichneten Varietäten vorkommen u.s.w. ...“

Meist können die Gegner von bestimmten Mineralnamen als Hauptgrund nicht mehr angeben,

„... als dass sie denselben eben abhold sind ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 470).

Abseits dieser, im Hinblick auf die Synonymie und damit die Verständlichkeit der mineralogischen Wissenschaft sehr wichtigen Diskussion, die manchmal mehr, manchmal weniger heftig, bis in die Gegenwart hinein fortgeführt wurde, ist es eine wissenschaftsgeschichtliche Tatsache, dass HAIDINGER der spezifischen Nomenklatur zum allgemeinen Durchbruch verhalf und damit den Weg frei machte für eine Systematik, die nach und nach breite Aufnahme fand und jene Lücken in der mineralogischen Forschung erkennen ließ, die bis dahin verborgen geblieben waren. Dennoch spiegelt sich in der Nomenklatur nicht nur die Entwicklung der Mineralogie und ihrer Untersuchungsmethoden, sondern vor allem auch der mineralogischen Systematik wieder (vgl. TATJE, 1995, S. 13f u. 47).

Die systematische Klassifikation bildete sich als eigene, selbständige Methode beschreibender Naturerkenntnis zwischen der theoretischen Naturwissenschaft einerseits und der Naturgeschichte andererseits aus (OESER, 1974, S. 18) und die Erschaffung neuer systematischer Übersichten, gegründet auf die Entdeckung neuer Tatsachen, beschäftigte, wie HAIDINGER in der Vorrede zu seinen „Anfangsgründen“ schreibt, die

„... Meister des Fachs ...“.

In der Systematik soll

„... das scheinbare Chaos der Natur ...“,

wie es das intensive Bemühen jeder Naturwissenschaft in ihrer klassischen Zeit ist,

„... durch den geregelten Flor der Ordnung schimmern ...“ (LEONHARD, 1816, S. 103).

„Die Natur bringt aber kein System hervor, überhaupt keinen Begriff, nicht einmal eine Spezies, sondern nur Individuen, aber diese Individuen mit Eigenschaften, die es dem menschlichen Verstande erlauben, sie zu Spezies zu versammeln, und dann zu klassifizieren, d. h. sie in eine gewisse Reihenfolge, in Geschlechter, Ordnungen und Klassen zu bringen ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 6).

Die Individuen sind dabei, wie schon dargelegt wurde,

„... der eigentliche Gegenstand aller naturhistorischen Forschung ...“,

die Systematik jedoch stellt diese Individuen in einen grösseren Zusammenhang und beschäftigt sich mit ihrer naturhistorischen Verwandtschaft (HAIDINGER, 1845, S. 426). Die besondere Funktion der Klassifizierung, die als Abstraktion darauf beruht, das Wesentliche in einer Menge von Individuen zu unterscheiden, besitzt als Grundelement der geologischen Forschungsmethodik bis heute unverändert große Bedeutung (PESCHEL, 1991, S. 1). Zwar erkennt bereits LEONHARD (1816, S. 104), dass es streng

genommen nur ein einziges System geben könne, doch erklärt sich die Vielfalt der tatsächlich vorhandenen Systeme daraus, dass dieses eine sich eben auf mehrfache Weise darstellen lasse, da sie sich, so HAÜY (1804, S. 208),

„... auf das Vermögen des menschlichen Geistes gründen, bei einem Gegenstande gewisse Eigenschaften besonders ins Auge zu fassen ...“

Das Mineralsystem kann nach HAIDINGERS Überzeugung (1845, S. 5f) nicht durch Einteilung hervorgebracht werden, weil diese der

„... Natur nicht in allen Beziehungen entspricht ...“,

vielmehr entstehe es durch die Zusammenstellung der Spezies, Geschlechter, Ordnungen und Klassen, wovon erstere durch die Verbindung von Varietäten hervorgebracht werden. Solche Systeme stehen als natürliche den künstlichen, durch Einteilung entstandenen, gegenüber. Da aber auch die Anhänger letztgenannter Gruppe ihre Systeme als natürliche verstanden wissen wollten, schlägt HAIDINGER vor, diesen Streit um Worte durch die Ausdrücke „synthetische“ und „analytische“ Systeme zu entschärfen, da diese nicht den Vorwurf des mehr oder weniger natürlichen enthalten.

Nichts anderes kommt dabei zum Ausdruck als der Gegensatz zwischen der beschreibenden Naturgeschichte, die von der Existenz handelt, von der sorgfältigen

„... Beobachtung des Naturgegebenen ...“ (NIGGLI, 1946, S. 12),

also der naturhistorischen Methode einerseits, und den exakten Naturwissenschaften andererseits. Mit der Ausbildung und Entwicklung einer chemischen Mineralogie, insbesondere aber durch die damit verbundene Implementierung des in neue Gefilde führenden Experiments in diese Wissenschaft, schien sich dieser Gegensatz in einer unlösbaren Weise zu vertiefen. Davon war die Mineralogie des 17. und 18. Jahrhunderts freilich noch weit entfernt. Ihr Anliegen bestand, ganz den Baconischen Grundsätzen folgend, unbestritten darin,

„... das Naturgegebene so zu gliedern und begrifflich festzulegen, dass sinnvolle Weiterforschung ermöglicht wurde ...“ (NIGGLI, 1954, S. 193).

Das wichtigste Hilfsmittel für die Lösung dieser Aufgabe waren die Sammlungen. In Österreich erwacht in der Renaissancezeit bei Angehörigen des Kaiserhauses reges Interesse zur Anlage solcher Mineraliensammlungen. Eine der fruchtbarsten dieser Hofsammlungen wurde das Hof-Mineralienkabinett. Es ging auf den Ankauf einer grossen Naturaliensammlung des Ritter von BAILLOU in Florenz durch Kaiser Franz I. im Jahr 1747 zurück. Diese Sammlung, die an die 30.000 Stücke gezählt haben soll, bestand hauptsächlich aus Mineralien und Gesteinen,

„... daneben aber auch aus Suiten von pflanzlichen und thierischen Versteinerungen, sowie aus Krebsen, Conchylien und Korallen, welche zur Erklärung der Versteinerungen dienen sollten ...“ (HOCHSTETTER, 1884, S. 264).

Zwar können mineralogische Sammlungen durchaus nach verschiedenen Gesichtspunkten geordnet werden, doch hebt HAIDINGER (1845, S. 12) den Wert der systematisch geordneten deutlich hervor.

„Sie sind dem Mineralogen so unentbehrlich als dem Botaniker das Herbarium, sie sind noch viel vorteilhafter, weil die Eigenschaften der Mineralien unverändert in der Aufbewahrung bleiben. Während des Sammelns insbeson-

dere erwirbt sich der Besitzer die mannigfaltigsten Kenntnisse, die Verfassung eines wissenschaftlichen Kataloges ist das sicherste Mittel zur Erlangung einer gründlichen Uebersicht über die Produkte des Mineralreiches und die wissenschaftliche Mineralogie selbst ...“.

Diese Mineralogie, deren leitender Grundsatz die reine Beschreibung der aufzubewahrenden Produkte des Mineralreiches ist, kann mit Recht als eine der konsequentesten Formen einer empirischen Wissenschaft gelten.

Wollte man einen Ursprung erdwissenschaftlicher Forschung suchen, was freilich widersinnig ist, weil die Rekonstruktion der faktischen Geschichte der Wissenschaft nicht bei einem absoluten Nullpunkt beginnen kann (OESER, 1979, S. 23), so wäre er in diesen Sammlungen noch am ehesten zu finden, keinesfalls jedoch, wie geschichtliche Abhandlungen immer wieder glauben machen wollen, im Bergbau. Man führt ja auch im Allgemeinen die Anfänge der wissenschaftlichen Zoologie nicht auf die Jagd zurück. Zwar bestehen unbestreitbare Wechselwirkungen mit der Gewinnung mineralischer Rohstoffe, eine wesentliche Quelle der geowissenschaftlichen Erkenntnis konnte diese aber allein schon deshalb damals nicht sein, weil die Gebildeten als Angehörige der herrschenden Klasse höchstens zufällig mit ihr Kontakt hatten. Ebenso falsch ist es, die Bemühungen um mineralogische Erkenntnisse in der Zeit vor WERNER als

„systemlose Modeliehaberei Hofräten, Ministern und Fürsten ...“

abzutun, wie das SCHNEIDERHÖHN (1948, S. 4) getan hat. Vielmehr ist KOLLENBERG (1986, S. 414f) beizupflichten, wenn er darauf hinweist, daß schon im Altertum die Natur recht gut beobachtet und erdwissenschaftliche Vorgänge, als Teil einer allgemeinen Betrachtung über den Aufbau der Erde, sinnvoll interpretiert wurden. In einer Monographie hat LENZ (1861) diese beachtenswerten Kenntnisse der alten Griechen und Römer auf dem Gebiet der Mineralogie zusammengestellt. Es herrschte aber noch keine Klarheit über die Einteilungsprinzipien, so versuchten PLINIUS und etwa auch CAESALPINUS die Fundorte zugrunde zu legen, was WALLERIUS veranlasste, dies als „confusa“ zu bezeichnen (KOBELL, 1864, S. 156). Aber

„... nicht erst seit Aristoteles, Theophrast und Plinius beschäftigte sich der Mensch mit den Geowissenschaften, vielmehr kam er schon, seitdem er seine Werkzeuge und Waffen aus dem Feuerstein schlug ...“

damit in Berührung (HADITSCH, 1976, S. 2). Den unmittelbaren Ausgangspunkt bildete eine vorwissenschaftlich-qualitative Erfahrung.

HAIDINGER, der seine Vorläufer in den Bemühungen um die Entwicklung der mineralogischen Systematik ausführlich aufzählt, nennt als ersten den Araber AVICENNA, der im 11. Jahrhundert die Mineralprodukte in vier Klassen, Steine, Metalle, Schwefel und Salze einteilte. Das Bedürfnis zu einer solchen Einteilung stellte sich von selbst ein. Man kannte so viele Minerale, daß man trachtete, sie

„... in gewisse Gruppen zusammenzufassen, um nicht die Übersicht über das vorhandene Wissensgut zu verlieren und Neuentdeckungen und Feststellungen leichter an geeigneter Stelle einordnen zu können ...“ (TERTSCH, 1947, S. 76).

Sowohl das Hauptwerk dieses berühmten Arztes, der eigentlich IBN SINA hieß, der „Canon medicinae“, wie auch eine kleineres Büchlein „Über die Minerale“, an dessen Urheberschaft gelegentlich gezweifelt wurde, weil die Originalausgabe fehlt und sie nur aufgrund textkritischer Un-

tersuchungen einer vorhandenen lateinischen Übersetzung diesem Gelehrten zugeschrieben wird, enthalten erste Versuche einer Mineralsystematik. Diese bildeten die Grundlage für AGRICOLA, der unter dem Einfluß der Renaissance darauf zurückgriff und sie entsprechend den neuen Erfahrungen, die inzwischen gewonnen worden waren, zu vervollkommen suchte, indem er die Unterscheidungsmerkmale charakterisierte (GUNTAU, 1984b, S. 396). Deshalb läßt sich AVICENNAS Einteilung in ihren Grundzügen

„... bis in die neueste Zeit in vielen Systemen ...“

wiedererkennen, wie HAIDINGER (1845, S. 446) anmerkt, und er führt als Beispiel das MAOHSSsche System an, in dem

„... nur die Steine und Metalle in der zweiten Klasse vereinigt. Als Repräsentant der Schwefel, die ebenfalls in die zweite Klasse fallen, enthält die dritte Klasse brennbare Körper überhaupt ...“

AGRICOLA (1494–1555), eigentlich Georg BAUER, wird in zahllosen Publikationen mit den ehrenden Bezeichnungen „Begründer der Mineralogie“, „Vater der Mineralogie“ u. dgl. bedacht. Freilich, viele andere sich mit der mineralogischen Wissenschaft beschäftigende Naturforscher, bis herauf ins beginnende 20. Jahrhundert, haben ebenso ihren Historiker gefunden, der sie mit dieser Ehre auszeichnete. Aber wohl über keinen von ihnen, WERNER vielleicht ausgenommen, ist so viel geschrieben worden, wie über diesen, mit ERASMUS von Rotterdam in engem Briefwechsel stehenden, Renaissancegelehrten. Er habe

„... über Bergwerkswesen, Fossilien und unterirdische Geschöpfe mit solcher Sorgfalt geschrieben, daß er in dieser Gattung die Alten übertraf ...“ (BECHER, 1819, S. 24).

Dabei hielt er freilich auch

„... das Geschlecht der Dämonen, die sich in einigen Gruben aufhalten, durch Erfahrung bestätigt ...“ (vgl. HÖLDER, 1989, S. 19).

In seinem 1546 erschienenem „De natura fossilium“ hat er zwar ein auf äußere Kennzeichen aufgebautes Verfahren zur Bestimmung der Minerale vorgelegt, doch waren seine Arbeiten für den Bergbau von weitaus größerer Bedeutung. Deshalb, und weil seine Lehren, die einen wesentlichen Beitrag zur Befreiung der Wissenschaft vom scholastischen Autoritätsglauben des Mittelalters darstellen, unter allen nur erdenklichen Gesichtspunkten in der Literatur bereits behandelt wurden, möge diese kurze Notiz als Hinweis darauf ausreichen.

Für den Erkenntnisfortschritt bedeutsamer war jedenfalls KEPLERS „New Year's Gift“, in welchem er 1611 der Frage nachging, warum Schneesternchen immer hexagonal und niemals etwa fünf- oder siebenstrahlig seien. Damit begann sich eine Zeit dem Ende zuzuneigen, in der man zwar viel über die Entstehung und Symbolik von Kristallen nachdachte, eine genaue Untersuchung ihrer Eigenschaften aber unterließ. Es war der Luzerner Arzt CAPPELLER, der

„... die Kristalle mit Fleiß gesammelt und mit Freude an der geometrischen Gestalt betrachtet hat ...“ (BURMESTER, 1922, S. 19)

und der in seinem „Prodromus Crystallographie“ (1723) mit aller Nachdrücklichkeit darauf hinwies, daß die Kristallgestalt eine sichere Möglichkeit zur Bestimmung von Mineralen liefere. Eine Tatsache, die sich Carl von LINNÉ (1707–1778) im dritten Teil seiner „Systema Naturae“ (1735) zunutze machte, in der er den ersten, wenn auch

noch nicht sehr erfolgreichen Schritt zur Aufstellung einer Kristallographie unternahm (HARTMANN, 1843, S. 12).

„Linné besaß ...“

schreibt MASON (1991, S. 398),

„... geradezu eine Leidenschaft für das Klassifizieren. Sein System der Natur umfaßte nicht nur die Mannigfaltigkeit der Tiere und Pflanzen, sondern auch die verschiedenen Minerale und Krankheiten. Er klassifizierte sogar vergangene und zeitgenössische Wissenschaftler ...“.

Seine bevorzugte Leidenschaft war aber, wie auch jene TOURNEFORTS, die Botanik. Und genauso wie letzterer angesichts der ästigen Stalactiten der Höhle von Antiparos meinte, diese vegetierten so wie die Pflanzen, übertrug LINNÉ seine Vorstellung vom Sexualsystem ins Mineralreich. Durch die Verbindung mit Salzen käme es, meinte er, zu einer Befruchtung,

„... welche dem Steine das Vermögen ertheilte, unter der dem Salze, welches die Stelle des befruchtenden Princips vertritt, eigenthümlichen Form zu krystallisieren ...“ (HAÜY, 1804, S. 66).

„Die ganze Natur ...“.

sagt HAÜY,

„... sprach mit ihnen von ihrem Lieblingsgegenstande ...“.

Zwar bestanden auch für LINNÉ Unterschiede zwischen den drei Reichen der Natur, die er in den Worten zusammenfaßte

„... Minerale wachsen, Pflanzen wachsen und leben, Tiere wachsen, leben und fühlen ...“ (zit. n. MASON, 1991, S. 399),

doch erkannte er nicht, dass der Begriff des Individuums nicht einfach aus der Botanik in die Mineralogie übertragen werden konnte. Die Teile einer Blume sind an der Zahl gleich, ihre Blätter haben dieselbe Lage, die Figur ist ähnlich, sodass man, da die Unterschiede sich höchstens nüanciert bemerkbar machen, mit einem Individuum die ganze Species gesehen hat. Bei den Mineralen aber kann ein Kristall ein und derselben Substanz verschiedenste Formen annehmen. Da sich jedoch ein eigener

„... Systemcharakter der Erkenntnis über die Minerale ...“

noch nicht herausgebildet hatte, weil es in der Gesellschaft

„... noch kein zwingendes und beständiges Bedürfnis nach einer eigenständigen Erkenntnis über Minerale ...“

gab (GUNTAU, 1984b, S. 397), und die Mineralogie, wie bereits gezeigt worden ist, als ein integraler Bestandteil der Naturgeschichte aufgefaßt und somit methodisch mit der Erforschung der Pflanzen- und Tierwelt parallelisiert wurde, gelangte LINNÉ'S Mineralsystematik wegen dessen Ruhmes auf dem Gebiet der Botanik und Zoologie trotz seiner offenkundigen Mängel zu einer in diesem Ausmaß nicht gerechtfertigten Bedeutung. Die Frage, worin Analogie und Differenz zwischen den Spezies der belebten und unbelebten Natur bestehen, und ob die Mineralspezies auf die chemische Zusammensetzung oder die äußeren Kennzeichen zurückzuführen seien, wurde in der Folge zum zentralen Problem der mineralogischen Systematik. Der Einfluß der LINNÉ'schen Systematik ist aber sowohl bei den Anhängern der einen (HAÜY), erst recht natürlich bei jenen der anderen Gruppe (MAOHS) unverkennbar (GROTH, 1926, S. 153). LINNÉ war sich des hauptsächlichen Mangels, der in der Unvollkommenheit der Kristallbeschreibungen jener Zeit seine Ursache hatte, durchaus bewußt. Deshalb regte er ROME DE L'ISLE zu solchen Studien an und förderte ihn.

Das größte Verdienst ROME DE L'ISLES (1736–1790) bestand darin, das bereits mehr als hundert Jahre zuvor von Nikolaus STENO aufgestellte Gesetz der Winkelkonstanz, welches besagt,

„... dass unter gleichen Druck- und Temperaturverhältnissen die Winkel zwischen entsprechenden Flächen und Kanten bei allen Kristallen der gleichen Substanz konstant sind ...“ (SACHS, 1918, S. 12)

in seiner 1772 erschienenen Schrift „Essai de Cristallographie, ou Description des Figures Geometriques“ an einer großen Anzahl von Mineralen empirisch zu überprüfen. Das war freilich nur möglich geworden, weil CARANGEAU das Handgoniometer erfunden hatte und auf die bis dahin angewandte mühsame Methode, die Länge der Kanten mit Zirkeln oder Mikrometern zu messen und daraus die Neigungen der Flächen zu errechnen, verzichtet werden konnte (HAIDINGER, 1829, S. 7f). Durch dieses Instrument kam es zu einer bedeutenden Verbesserung der Genauigkeit in der Kristallographie und es eröffnete sich die Möglichkeit zu ersten, noch unvollkommenen, mathematisch-statistischen Ansätzen in dieser bisher ausschließlich rein empirisch-beschreibenden Wissenschaft.

Auf den Messungen ROME DE L'ISLES, dessen Bewerbung übrigens von der Französischen Akademie der Wissenschaften zurückgewiesen wurde, eine Schande, die ganz auf die Akademie und ihre Mitglieder zurückfällt, wie eine „Notice“ im Jahre 1790 (S. 320) bemerkt, baute HAÜY seine Studien auf.

Einen weiteren wesentlichen Schritt für die Entwicklung der Kristallkunde sollte nur ein Jahr nach ROME DE L'ISLES richtungsweisendem Werk der schwedische Professor Torbern BERGMAN (1735–1784) gehen. Wie ist es möglich, fragte er, dass der Kalkspat stets eine Spaltbarkeit nach dem Rhomboeder zeigt?

„... Doch nur so, dass sich allseits, an allen Flächen, Kanten und Ecken neue Primitivformen ...“.

das sind die als Bausteine dienenden Grundformen,

„... ansetzen ...“ (TERTSCH, 1939, S. 22f).

Erfolgt dieser Ansatz jedoch nicht gesetzmäßig, so bilden sich Scheinflächen, die sich aus den Primitivformen mathematisch ableiten lassen. Damit nimmt er die Corpusculartheorie HAÜY'S in ihren Grundzügen vorweg.

Wieder ein Jahr später, 1774, veröffentlichte Abraham Gottlob WERNER (1750–1817) in Freiberg seine Schrift „Von den äußerlichen Kennzeichen der Fossilien“. Daß es sich dabei um eine von ihm mit einem Anhang versehene Übersetzung des bereits 1747 von Johannes Karl GEHLER verfaßten „De Characteribus Fossilium Externis“ handelt (LIMA-DE-FARIA, 1990, S. 7), wird von jenen Historikern, die sich redlich bemühen, rund um WERNER eine Art wissenschaftsgeschichtlichen Kult aufzubauen, ebenso gern übersehen, wie die unbestreitbar vorhandenen methodischen Fehler, die seinen Ansichten zugrundelagen. GROTH (1926, S. 229f) schlägt gar die Gründung eines „Thesaurus Wernerianus“ vor. Dadurch wird es erschwert, die Leistungen WERNERS und seinen tatsächlichen Einfluß auf die weitere Entwicklung, sowohl der Mineralogie als auch der Erdwissenschaften ganz allgemein, einer nicht nur kritischen, sondern auch objektiven Betrachtung zu unterziehen, ohne sich dabei dem Vorwurf LEONHARDS (1816, S. 105) auszusetzen,

„... mit milzächtiger Bosheit ...“

zu handeln, weshalb er Kritikern auch gleich das Recht abspricht, dass man sie

„... über das Wissen und dessen Koryphäen höre.“

Auch wenn die Geologie bei WERNER der Mineralogie noch untergeordnet ist (MASON, 1991, S. 474), so ist es doch sein unbestreitbares Verdienst, erstmals jenen innigen Zusammenhang von Mineralogie und Geologie herzustellen zu haben, der doch auch in der Folgezeit noch viel zu oft übersehen wurde, denn

„... wieder und immer wieder müssen wir geologische Expectationen hören und lesen von Leuten, die kaum Feldspath von Quarz, ein Oktaeder vom Würfel unterscheiden können ...“

(VOGELSANG, 1867, S. 212). WERNER teilte die Gesteinschichten nicht aufgrund ihres Fossilinhaltes ein, sondern, entsprechend seinen bergbaulichen Erfahrungen, nach ihrem Mineralvorkommen. Die für die Erdwissenschaft als Erd-Geschichte so wichtige zeitliche Komponente blieb damit völlig unberücksichtigt. Hier soll aber zunächst sein Mineralsystem interessieren, das freilich, aufgrund des bereits oben erwähnten Zusammenhanges, direkten Einfluß auf jene Universalhypothese hatte, von der GUNTAU (1984, S. 97) meint, die daraus resultierende Kontroverse sei der

„... Geburtsschrei der Geologie ...“

und die noch in anderem Zusammenhang ausführlicher zu besprechen sein wird.

Dieses Mineralsystem, das seinem oryktognostischen Lehrkurs zugrunde lag, wurde aus dem Nachlaß durch FREIESLEBEN (1817) herausgegeben. Es unterschied vier Klassen, erdiche, salzliche, brennliche und metallische Fossilien, die wiederum in Geschlechter und erforderlichenfalls in Gattungen unterteilt wurden. Er schlug damit eine vermittelnde Richtung ein, indem er auf chemischen Grundlagen aufbaute, für die Bestimmung aber die äußeren Kennzeichen als wichtiger ansah. Durch die charakterisierenden Bestandteile werden die Geschlechter bestimmt, die Gattungen jedoch durch die verschiedenen Mischungsverhältnisse. Fossilien mit abweichenden Kennzeichen innerhalb einer Gattung schließlich bilden die Art, innerhalb deren Grenzen die Verschiedenheiten durch Varietäten geprägt sind. Sein Schüler EMMERLING (1799, S. 34) bemerkt zu dieser Systematik:

„Wir müssen uns aber die natürliche Verwandtschaft der Fossilien keineswegs als eine gerade Linie oder als eine ununterbrochen fortlaufende Kette, wo immer ein Glied sich nur an das vorhergehende und nachfolgende anschließt, auch nicht als ein regelmäßiges, sondern als ein verworrenes, nach allen Seiten ausgedehntes Netz denken, in welchem einige Glieder an mehrere zugleich und gleich stark, andere hingegen nur an wenige oder nur an ein einziges, und dieß oft nur schwach sich anschließen. ...“

WERNER verstand es jedoch nicht, das Wesentliche vom Unwesentlichen zu trennen. Diese Erfahrung, die durch die Kenntnis vieler Einzelphänomene erworben wird (OESER, 1974, S. 12), besaß er nicht. Deshalb ließ seine Systematik auch die wertvolle Eigenschaft der Konsequenz vermissen, wie HAIDINGER (1845, S. 454) am Beispiel des Diamanten, der zu den erdigen Fossilien gestellt worden war, kritisiert:

„... Trotz; aber die naturhistorische Aehnlichkeit des Diamants mit den übrigen Edelsteinen überwand das Bewusstseyn der Kenntnis, dass er doch kein erdiges Fossil ist. ...“

WERNER beschränkte sich bei seiner Diagnostik der Minerale methodisch bewußt nur auf die rein äußerliche Deskription, ohne weitergehende Analyse der inneren Struktur. Aber selbst bei der rein empirischen Beobach-

tung ist er ohne die erforderliche Sorgfalt vorgegangen, sodaß PUCK (1950, S. 11) ganz entschieden zu widersprechen ist, wenn sie meint, neben der Schaffung einer Systematik läge die Bedeutung WERNERS vor allem darin, die

„... Naturbeobachtung für die Forschung in das richtige Licht gerückt ...“

zu haben. Nicht nur seiner Geologie lagen nur wenige Beobachtungen zugrunde, weshalb sie zurecht als spekulativ bezeichnet wurde, sondern auch bei seiner Oryktognosie vernachlässigte er die empirisch-deskriptive Methode. Die Verfahren zur Beschreibung mineralogischer Objekte auf der Grundlage der direkten sinnlichen Wahrnehmung hatten bereits in den Jahrzehnten vor WERNER durch neue Geräte zunehmend an Bedeutung gewonnen. Er lehnte aber die Anwendung dieser Instrumente, etwa zur Winkelmessung von Kristallformen, ebenso ab, wie er mathematische Begründungen in der Kristallographie für unnötig hielt (vgl. SCHNEIDERHÖHN, 1948, S. 7). Der erste, der diesen methodischen Fehler WERNERS klar erkannte und daraus die Konsequenzen zog, war sein Schüler Friedrich MOHS, der in seiner Autobiographie meint, daß WERNER, hätte er

„... die beiden, in allen Naturwissenschaften unentbehrlichen Hilfsmittel, Logik und Mathematik, in gehörige Anwendung gebracht ...“

und wäre er

„... nicht blos blindlings seinem Genie gefolgt ...“

ein größerer Erfolg beschieden gewesen wäre (FUCHS, 1843, S. 31).

„Eingeschüchtert durch Werners Autorität zweifelte Mohs anfänglich an der Richtigkeit seiner eigenen Beobachtungen; er verschärfte seine Aufmerksamkeit, verdoppelte seinen Eifer, erhielt aber dadurch nur mehr Bestätigung von der Einseitigkeit und schwankenden Basis der damaligen Geognosie ...“ (FUCHS, 1843, S. 12).

1810 trifft Friedrich MOHS (1773–1839) seinen Lehrer in Karlsbad und bittet ihn um die Auflösung mehrerer Zweifel, aber

„... dieser weigerte sich, darauf einzugehen und der Unterzeichnete fasste nun, durch Werners Beharren auf grundlosen Sätzen entrüstet, den Entschluss, alles Alte gänzlich fahren zu lassen und die Mineralogie entweder vom Grunde aus neu zu bearbeiten, oder, wenn dies nicht gelingen sollte, sich gar nicht mehr mit ihr zu beschäftigen ...“ (FUCHS, 1843, S. 39).

Auf einer Forschungsreise durch die Steiermark wird er darin bestärkt, daß

„... ohne eine vollkommene, gründliche Mineralogie keine Geognosie bestehen könne ...“ (FUCHS, 1843, S. 40).

Es ging ihm, schreibt FUCHS (1843, S. 1),

„... wie dem Architekten, der, mit Ausbesserung eines schadhaften Gebäudes beschäftigt, endlich, die Mängel weiter verfolgend, bemerkt, daß der Grundbau des Hauses in heillos schlechtem Zustand sei. ...“

Die zu lösende Aufgabe bestand darin, auch einem bisher unbekannten, neuen Mineral eine eindeutige Stelle im System zuweisen zu können. Dazu fehlte es, nach seiner Meinung, der WERNERSchen Kristallographie an mathematischer Schärfe. In seiner Autobiographie hebt er dies deutlich hervor und berichtet über die Zeit, in der er WERNERS Nachfolge an der Bergakademie Freiberg antrat.

„Die Mathematik aber war, da Werner, der wenig in ihr gethan, sie nicht liebte, in Freiberg zum grossen Nachtheile für die Akademie und das dortige Bergwesen, sehr in Verfall gerathen; die Professoren hatten ihr Ansehen verloren und ihre Vorlesungen wurden nur mit Zwang besucht. Der Unterfertigte suchte diesem Uebel dadurch entgegen zu arbeiten, daß er in seinen Vorlesungen mehr Mathematik anwandte, als schlechthin nothwendig gewesen wäre, die Anwendung und den Nutzen derselben zeigte und erklärte, seine Zuhörer zu einem fleissigen Studium derselben ermahnte und aufmunterte, und um endlich selbst mit einem Beispiele vorzugehen, mehrere der Ausländer, welche zu der Zeit in Freiberg studirten und die in Absicht der Einrichtung ihrer Studien gänzlich frei waren, was bei den Inländern nicht der Fall ist, anwarb, mit ihm die Vorlesungen der höhern Mathematik zu besuchen. Dies gab nicht nur den Professoren einen Theil ihres Ansehens wieder, sondern nöthigte sie auch, mehr Fleiss als sie seit mehreren Jahren gewohnt waren, anzuwenden ...“ (FUCHS, 1843, S. 53f).

Zunächst versuchte MOHS die Aufgabe, die er sich gestellt hatte, mittels des vorhandenen Schrifttums zu lösen. Da ihm dies aber nicht gelingen wollte, besann er sich auf die Natur, die er wohl ebenso wie später HAIDINGER (1845, S. 445) als

„... die grosse, unabänderliche Lehrmeisterin ...“ ansah

„... Ich habe mich dem Heere der Fossilien gegenüber gestellt, wie Jemand, der nicht die mindeste Kenntniss von denselben besitzt und sie Anfangs so betrachtet, als gäbe es, außer ihnen keinen Körper in der Natur ...“ (MOHS, 1812, S. X).

Von dieser rein empirischen Betrachtungsweise ausgehend entwickelte er in beabsichtigter Analogie zur Botanik und Zoologie seine Mineralphysik. Um sich von der Richtigkeit seiner Methode zu überzeugen,

„... legte er mehreren von seinen damaligen Schülern eine grosse Menge von Mineralien vor, die diese nicht kannten, und hatte die Befriedigung, zu sehen, daß sie mit Hilfe seiner unvollkommenen Charakteristik, fast ohne Ausnahme, richtig bestimmt wurden, was bis dahin kein mineralogisches Buch geleistet, und woran, was wirklich zu wundern ist, noch kein Mineraloge gedacht hatte ...“ (FUCHS, 1843, S. 45f).

MOHS lag in einem heftigen Prioritätsstreit mit dem Berliner Professor Christian Samuel WEISS (1760–1856), ebenfalls ein Schüler WERNERS, über die Aufstellung der Kristallsysteme. Tatsächlich hat WEISS die Grundlage für ein solches Kristallsystem bereits in seiner Abhandlung „De indagando“ (1809) geschaffen, also fast zur gleichen Zeit wie BERNHARDI, der sich allerdings der Tragweite seiner Arbeiten keineswegs bewußt war, doch meint HARTMANN (1843, S. 17), daß MOHS

„... indem er dieselbe auf alle bekannte Mineralgattungen anwendete, das Verdienst hat, sie zur eigentlichen Basis einer wirklichen Krystallographie erhoben zu haben. ...“

WEISS hatte ausgehend von den metaphysischen Überlegungen KANTS, daß alle Materien des Universums summiert Null ergeben würden, eine dynamische Ansicht der Kristallisation entwickelt und setzte der chemischen Vereinigungskraft bei den Vorgängen in der Natur eine chemische Entzweigungskraft entgegen. WEISS stand jedoch in Deutschland nur stellvertretend für MOHS' eigentlichen

Gegenspieler, dessen chemische Mineralogie er durch und durch ablehnte.

„... Die Aehnlichkeit naturhistorisch bestimmter Gattungen kann chemisch nie dargethan; mithin ein chemisches Prinzip nicht angewendet werden, das naturhistorische Geschlecht zu bestimmen ...“ (MOHS, 1812, S. 93).

Es war dies der französische Priester HAÜY, dessen „Traite de Mineralogie“ WEISS ins Deutsche übersetzte und dem er auch seinen Anhang über die dynamische Kristallisation beifügte, denn ein Atomistiker wie HAÜY

„... kennt die Frage nach dem Grunde der Form, fühlt das Bedürfniss einer Erklärung aller Form gar nicht. Ihm ist die bestimmte Form mit der Existenz der Atome unmittelbar gegeben. Der Dynamiker läugnet ihm diese ...“ (WEISS, 1804, S. 365f).

Es gehe darum, das KANTSche Problem, Starres aus Flüssigem, die Form aus dem Formlosen zu erklären.

Rene Just HAÜY (1743–1826), auch er wurde gelegentlich als Begründer der Mineralogie oder Kristallographie bezeichnet (z.B. RINNE, 1916, S. 3), war eine schillernde Persönlichkeit. Er entkam während der Französischen Revolution nur durch die Fürsprache seines Freundes Geoffroy SAINT-HILAIRE dem Blutgerüst. Hier soll aber nicht sein abenteuerliches Leben interessieren, sondern jene Theorie über den molekularen Aufbau der Kristalle, die, auch wenn sie quantenmechanischen Vorstellungen später weichen mußte, in ihren Grundzügen doch bis heute Gültigkeit bewahrt hat.

„... Die große Schicksalsstunde schlug ...“ ihm, meint WEBER (1922, S. 130) etwas theatralisch,

„... als ihm eine prachtvolle Calcitstufe seines Freundes M. de France du Croisset aus den Händen fiel und zerbrach. Nun war alles gefunden (Tout est trouvé!) ...“.

Ganz so plötzlich und unvorbereitet, wie es hier dargestellt wird, traf die Decreszenztheorie über den strukturellen Aufbau kristalliner Körper, die den Kern seines Gedankengebäudes darstellt, HAÜY freilich nicht. Er hatte einerseits die Kristallzeichnungen Rome DE L'ISLES für seine Arbeiten herangezogen und kannte auch die Schriften BERGMANS, in denen ja, wie bereits gezeigt worden ist, die Decreszenztheorie zumindest in ihren Grundzügen vorweggenommen wurde. Er führte aber auch in die Tausende gehende Detailbeschreibungen an Mineralien durch, weil er

„... sich Mühe gab, eigene Beobachtungen und Erkenntnisse mitzuteilen, statt den bequemen Weg vieler seiner Vorgänger zu gehen und kritiklos die alten, verstaubten Autoren abzuschreiben ...“ (WEBER, 1922, S. 140).

HAÜY (1804, S. 55f) erläutert seine Vorstellungen von den Gesetzmäßigkeiten der Kristallwelt am Beispiel des Salzes. Die Teilung des Salzes in immer kleinere Würfel hat eine Grenze,

„... und wenn wir Organe und Instrumente hätten, die genau genug wären, um sie so weit zu treiben, als sie möglich ist, so würden wir auf Würfel kommen, die wir nun nicht weiter zertheilen könnten, ohne sie zu zerlegen, d. h. ohne die beiden Stoffe, deren Verbindung das Wesen des Salzes ausmacht, zu trennen. ...“

Gerade darin besteht auch der wesentliche Unterschied zur vorhin erwähnten dynamischen Vorstellung, die eine solche Grenze der Teilung nicht annimmt. Durch Spaltung läßt sich also jeder Kristall auf eine einfache Primitivform zurückführen. Diese ist entweder ein Parallelepipäed, Ok-

taeder, Tetraeder, regelmäßiges sechseckiges Prisma, eine hexagonale Pyramide oder ein Rhombendodekaeder. Sie sind die Bausteine der Kristalle und durch eine Zahlverringerung, die Decreszenz, lassen sich die Kristalle quasi unter Abzug der Primitivformen in sekundäre Formen verschiedener aufeinanderfolgender Ebenen überführen. Die Primitivform ist aber selbst noch weiter teilbar in kleine Teilchen oder Moleküle von zwei Ordnungen, etwa im Fall des Salzes

„... die ersten, die wir elementarische Moleküls nennen wollen, und die im gegenwärtigen Fall eines Theils die der Säure und andern Theils die des Natrum sind; die zweiten, denen wir den Namen integrierende Moleküls geben werden, und welche in eben diesem Falle die kleinsten Würfel sind, die abgesondert erhalten werden können, ohne daß die Natur des Salzes zerstört wird. ...“

Die kristallographische Methode HAÜYS beruht also auf Teilbarkeit, die bei allen zu einer Spezies gehörenden Individuen gleich ist. Um dies aber auch rechnerisch darzustellen, muß HAÜY einen Kunstgriff anwenden, indem er die integrierenden Moleküle immer zu einer paralleloipedischen Gestalt, die er subtraktive Moleküle nennt, zusammenfaßt, die dann reihenweise von den Blättchen oder Lagen weggenommen werden, um die sekundären Formen zu erhalten. Er glaubte damit, alle möglichen Resultate einer Kristallisation vorhersagen zu können, weil sie aus der Primitiv- oder Kernform mathematisch durch Subtraktion ableitbar sein sollten. Damit sollte nicht nur feststehen, welche Gestalten vorkommen können, sondern vor allem auch, welche Gestalten in der Natur unmöglich sind. In Wahrheit lieferte er damit MOHS aber genau jenen Angriffspunkt, damit dieser HAÜYS Kristallographie als

„... der Natur nicht angemessen ...“

bezeichnen konnte (FUCHS, 1843, S. 43). In einer für den brillianten Denker HAÜY seltsamen Verkennung des Wesens naturwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung, meinte er, daß der mittels seiner mathematisch-theoretischen Methode gewonnene Wert der wahre Wert sei, die Messung mittels Goniometer hingegen nur eine Approximation (KOBELL, 1864, S. 184). Zeit seines Lebens hielt er an dieser Meinung fest und erklärte Messungen, die ihn zu widerlegen schienen, schlichtweg für falsch.

„... Nicht die Tatsachen haben sich der Theorie anzupassen ...“,

kritisiert TERTSCH (1947, S. 157) dieses Vorgehen,

„... sondern die Theorie den Tatsachen ...“.

Die Mineralogie hatte sich in den ersten beiden Jahrzehnten des 19. Jahrhunderts durch schrittweise Antizipation der Erkenntnisse in den vorhergehenden Epochen von einer unsystematischen Anhäufung des Materials zu einer wissenschaftlich begründeten Systematik entwickelt. Wesentlichen Anteil daran hatte die Verwendung neuer Instrumente und besserer Untersuchungsmethoden. Das Handgoniometer, das

„... unwillkürlich an das Ei des Columbus erinnert, denn wie einfach und naheliegend die Konstruktion jenes Instrumentes auch ist, so hat es doch über hundert Jahre gedauert, seit man sich mit Krystallen beschäftigte, bis es erfunden wurde ...“ (KOBELL, 1864, S. VIII),

wurde in seiner Funktionsweise von HAIDINGER (1845, S. 28) ausführlich dargestellt. WOLLASTON hat das zugrundeliegende Prinzip der Winkelmessung durch Spiegelung eines Gegenstandes mit dem Reflexionsgoniometer verfeinert und zu größerer Genauigkeitv ausgebaut. Für

die mineralchemische Untersuchung hatte die Einführung der konsequenten Anwendung des bereits länger bekannten Lötrohrs durch CRONSTEDT eine ähnliche Bedeutung. Auf Grundlage des gewonnenen, vermehrten empirischen Datenmaterials versuchte man, das Wesentliche zu erkennen und daraus Gesetzmäßigkeiten abzuleiten. Das Wesentliche, so meinte man, das seien die morphologischen und physikalischen Eigenschaften und das darauf beruhende Mineralsystem hatte sich aufgrund der Autorität von MOHS durchgesetzt. Die Kristallstrukturlehre war nur in ersten spekulativen Ansätzen vorhanden. Physikalische und chemische Mineralogie standen sich als methodisch gänzlich verschiedene Wissenschaften gegenüber, jeweils zwar die Sinnhaftigkeit der anderen anerkennend, aber sich deutlich davon abgrenzend, dabei den Vorrang der eigenen Methode betonend. Wahre Wissenschaft mache es erforderlich, meint MOHS (1812, S. XIII), alles ihr nicht Eigentümliche von ihr abzutrennen.

„... Der Physiker betrachtet den Fall schwerer Körper im leeren Raume, wenn er die Gesetze der Schwere; der Philosoph den Verstand frei von dem Einflusse der Sinnlichkeit und anderer Vermögen, wenn er die Gesetze des Denkens entwickeln will ...“.

Wilhelm HAIDINGER bekannte sich zunächst voll und ganz zu dem Grundsatz seines Lehrers,

„... die mineralogische Chemie macht die Natur-Geschichte des Mineral-Reiches, oder die Natur-Geschichte des Mineral-Reiches, die mineralogische Chemie entbehrlich ...“ (MOHS, 1812, S. 125).

Er war, schreibt HAUER (1871, S. 32) später,

„... gefesselt von dem gewaltigen Geiste eines Friedrich Mohs als dessen hervorragender Schüler ...“ –

und dessen entschiedenster Verteidiger. Die Anhänger der Methoden anderer Meister haben behauptet,

„... es sey unmöglich, einen allgemein anwendbaren Begriff der mineralogischen Spezies, ohne chemische Grundsätze, zu Stande zu bringen. MOHS hat in seinen Werken hinlänglich erwiesen, daß eine solche Bestimmungsart möglich und sogar vor jeder andern vorteilhaft sey; doch muss man auch zugeben, dass diess eine sehr genaue Bekanntschaft mit den Eigenschaften der Mineralien voraussetzt, welche die Vertheidiger der entgegengesetzten Ansicht nicht besitzen, und desshalb auch für unmöglich oder wenigstens für unzureichend halten ...“ (HAIDINGER, 1829, S. 123)..

Er selbst hingegen hält das chemische Verfahren für

„... trüglisch und unphilosophisch ...“,

denn

„... wenn man selbst voraussetzen wollte, daß man ein Stück in zwei Theile zerschlagen, und den einen davon analysirt hätte, so müsste doch, um zu beweisen, daß die beiden Stücke wirklich einerlei seyen, eine Untersuchung der Eigenschaften beider, zum Behuf der Vergleichung vorausgegangen seyn ...“ (HAIDINGER, 1829, S. 124).

„Die Fossilien sind also ...“,

sagt MOHS (1812, S. 4),

„... so wie wir aus den Händen der Natur sie erhalten, nichts mehr und nichts weniger, als natürliche Verbindungen äußerer Kennzeichen. ...“

Zweifel konnten allein deshalb schon nicht aufkommen, weil die Übereinstimmung mit dem inzwischen von BREWSTER entwickelten optischen System, das beruhend auf der Entdeckung der Polarisierung des Lichtes eine neue Welt

„... wunderbarer und prachtvoller Erscheinungen ...“ eröffnete hatte, als Beweis für die Richtigkeit dieser Grundsätze angeführt werden konnte (KOBELL, 1864, S. 242f). Auch hatten sich anerkannte Autoritäten in den höchsten Lobesworten für das naturhistorische System ausgesprochen, so etwa der amerikanische Naturforscher James D. DANA in seinem weit verbreiteten Lehrbuch.

„... *The striking beauties of the system will forcibly impress the minds of those who may give it the attention it merits* ...“ (zit. n. HAIDINGER, 1845, S. 458).

Ausgangspunkt für HAIDINGERS Studien war das MAOHSSsche Mineralsystem, das unter anderem durch HOERNES (1847) übersichtlich dargestellt wurde, und von dem im Folgenden nur die Grundzüge, entsprechend der bereits leicht modifizierten Auffassung von HAIDINGER selbst, wiedergegeben werden sollen. Wenn ROSE (1871, S. 449) allerdings meint, schon die englische Übersetzung der MAOHSSschen Mineralogie enthalte

„... so viele Verbesserungen und Zusätze, daß sie als eine neue Ausgabe anzusehen ist ...“,

so ist dies, unter Berücksichtigung des vorhin dargestellten, eine wohlwollende Übertreibung eines Freundes.

„... Mohs stellte diejenigen Mineralspezies zunächst, welche einander dem Ansehen nach am ähnlichsten sind. Er bildete daraus Geschlechter, genera, eine Klassifikationsstufe, die dem Genus in der Botanik und Zoologie entspricht. Die zunächst einander ähnlichen Genera wurden in Ordnungen versammelt, welche den Familien der natürlichen Systeme in jenen Reichen entsprechen. Endlich versammelten sich die Ordnungen in Klassen, diese bildeten das Mineralsystem selbst, nach dem Ausspruche Linnés: *Generum genus est ordo, ordinum autem genus classis est* ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 442).

Auf die bewußte Analogie zum Pflanzen- und Tierreich, die hierin zum Ausdruck gebracht wird, wurde bereits hingewiesen. Es ergibt sich nunmehr folgende allgemeine Übersicht (HAIDINGER, 1845, S. 458):

- I. Klasse: Akrogonide
Ordnungen: 1. Gase, 2. Wasser, 3. Säuren, 4. Salze
- II. Klasse: Geogenide
Ordnungen: 1. Haloide, 2. Baryte, 3. Kerate, 4. Malachite, 5. Allophane, 6. Graphite, 7. Steatite, 8. Glimmer, 9. Spathe, 10. Gemmen, 11. Erze, 12. Metalle, 13. Kiese, 14. Glänze, 15. Blenden, 16. Schwefel
- III. Klasse: Phytogenide
Ordnungen: 1. Harze, 2. Kohlen
Anhang: 1. Unbestimmbares, 2. Gebirgsarten

Um die Prinzipien der Einerleiheit, Gleichartigkeit und Ähnlichkeit, die MAOHS diesem System zugrundelegt, richtig erkennen zu können, ist es erforderlich, die äußeren Kennzeichen der Mineralien genauestens zu untersuchen und zu vergleichen. Dieses Verfahren der mineralogischen Methodik hat HAIDINGER (1845, S. 26f) ausführlich dargestellt. Dabei kommt der Kristallgestalt als

„... wichtigste Eigenschaft der Krystalle ...“

und insbesondere den Kristallflächen,

„... als geometrische Ebenen betrachtet ...“,

einschließlich der Winkel, die diese Flächen miteinander einschließen, eine zentrale Bedeutung zu.

„... Das Studium der regelmässigen Gestalten, welche die Mineralien bei ihrer Entstehung annehmen, ist die verwickeltste, aber auch zugleich die lohnendste aller Forschungen, deren Gegenstand die Natur ihrer Eigenschaft ist ...“ (HAIDINGER, 1829, S. 22).

BURMESTER (1922, S. 28) hat überzeugend nachgewiesen, daß die Methode der achsonometrischen Projektion, die neben der mittelschrägen und schrägen Projektion zur Veranschaulichung der Kristalle verwendet wird, von HAIDINGER, der dies

„... *aus Bescheidenheit und in Verehrung seines Lehrers verschweigt* ...“,

und nicht, wie oft angenommen wird, von MOHS selbst stammt. Da die geometrische Methode

„... *besonders anschaulich für den Verstand* ...“

sei (HAIDINGER, 1829, S. 56), gibt er in seinem Handbuch neben den mathematischen Lehrsätzen ausführliche Anleitungen sowohl durch Zeichnen einen regelmäßigen Umriss der Kristalle zu entwerfen, wie auch solche aus Holz zu modellieren, und veranschaulicht dies mittels Beispielen aus der Sammlung der montanistischen Hofkammer (HAIDINGER, 1845, S. 54f).

Er beginnt dabei mit dem Hexaeder oder Würfel (Abb. 2a), weil dieser

„... *eine der gewöhnlichsten der in der Natur sich findenden Formen* ...“

darstellt, etwa

„... *beim Fluss, beim Schwefelkies, beim Bleiglanz* ...“.

Das Verfahren, mittels dessen nun die verschiedenen Formen aus dem Hexaeder abgeleitet werden können,

„... *besteht darin, daß man die verschiedenen Lagen einer beweglichen Ebene betrachtet, welche das Hexaeder in einer seiner Ecken berührt* ...“ (HAIDINGER, 1829, S. 25f).

Aus jeder dieser Lagen, von denen es sechs gibt, entsteht eine besondere einfache Gestalt, die HAIDINGER tessularische Gestalten nennt. Es sind dies das Oktaeder (Abb. 2b), das Granatoid (Abb. 2c), die Fluoride (Abb. 2d), die Galenoide (Abb. 2e), die Leuzitoide (Abb. 2f) und die Adamantoide (Abb. 2g). Die wichtigsten Charakteristika sind nun einerseits die Bildung von Flächensystemen durch die symmetrische Lage der Flächen zueinander und andererseits jene Form, die man erhält, sobald eine der Axen, also der durch den Mittelpunkt gehenden Linien, sich in senkrechter Lage befindet (HAIDINGER, 1845, S. 36f u. 43f). Aus den einfachen Gestalten können mittels des Verfahrens der Zerlegung vielaxige Körper mit geringerem Symmetriegrad hervorgebracht werden, so ist etwa der Tetraeder die Hälfte des Oktaeders. In der Natur sind Kombinationen, sogenannte zusammengesetzte Formen, natürlich sehr viel häufiger als einfache. Hat man erst einmal das Hexaeder entworfen, so bedarf der Zusammenhang der Formen untereinander keiner weiteren Erklärung und es ist begreiflich,

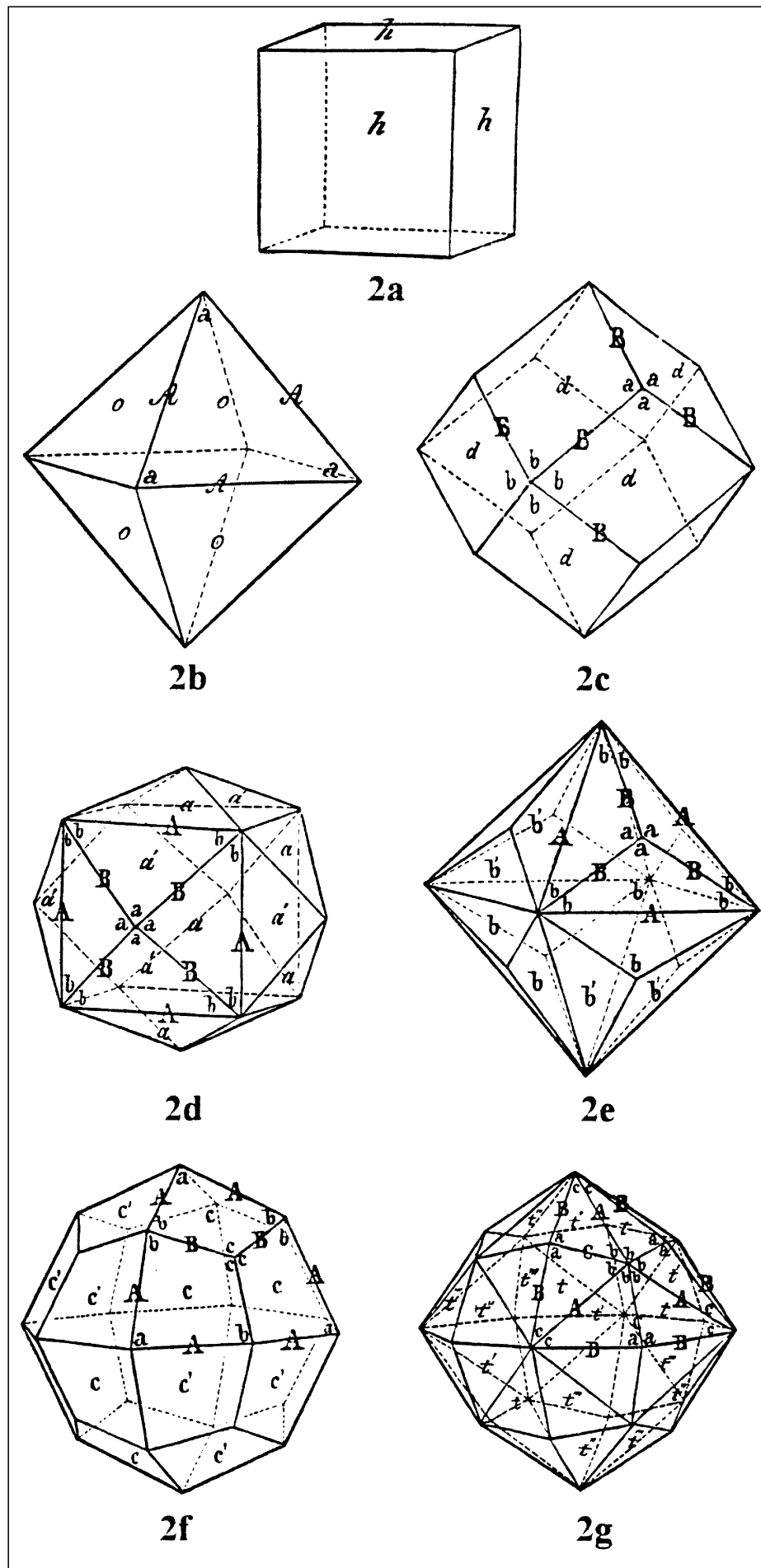
„... *daß die eine leicht in die andere verwandelt werden kann* ...“ (HAIDINGER, 1829, S. 64).

Obwohl also vollständig gebildete Kristalle als geometrische Körper sogar quantitativ-metrisch betrachtet werden können, ist die regelmäßige Form allein

„... *doch nicht hinreichend, einen Krystall zu charakterisieren* ...“ (HAIDINGER, 1829, S. 3).

So kann die Charakteristik der Spezies als gleichartiger Individuen, wie auch der Geschlechter, neben der Form bzw. dem Kristallsystem auch noch die eine oder andere Eigenschaft erfordern, von denen zumindest zwei, die Härte und das spezifische Gewicht, immer vorhanden sind (HAIDINGER, 1845, S. 475). WERNER hat entsprechend seiner bergmännischen Ausrichtung den Farben als praktischen Vergleichspunkten in der Natur besondere Bedeu-

Abb. 2.
Kristallographische Zeichnungen von Wil-
helm HAIDINGER (1845).



tung zugemessen, HAÜYS Decreszenztheorie lag die Teilbarkeit oder Spaltbarkeit der Mineralien zugrunde und MOHS hat die bekannte Härteskala aufgestellt. HAIDINGER wandte sich vor allem den optischen Eigenschaften zu, zweifellos wegen der von dem französischen Physiker BIOT als Gesetz postulierten Übereinstimmung mit den kristallographischen Erscheinungen (HAIDINGER, 1847c, S. 10). Zur besseren Beobachtung des Pleochroismus entwickelte er die dichroskopische Lupe und untersuchte damit eine große Anzahl von Kristallen, so etwa den Lazulith, der in aufrechter Stellung

„... das obere ordinäre Bild schön berlinerblau, das untere hell entenblau in das Grüne geneigt ...“ zeigt (vgl. PRÜFER, 1847, S. 227).

Da der Spezies im naturhistorischen System eine besondere Bedeutung zukommt, ist auch von den vorhin genannten Prinzipien die sich darauf beziehende Gleichartigkeit, die dann vorliegt, wenn alle Eigenschaften, bis auf eine, übereinstimmen, beispielsweise

„... apfelgrüne Hexaeder von Fluss ...“

und

„... apfelgrüne Oktaeder von Fluss ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 428),

verglichen mit der Einerleiheit der Individuen und der Ähnlichkeit verschiedener Grade, von der größten bei den Geschlechtern über die Ordnungen bis zur geringsten bei den Klassen, entsprechend bedeutender. Dabei erweist sich nun die Schwachstelle des gesamten Systems, denn es gibt Varietäten, die aufgrund fehlender Charakteristika nicht bei der Bestimmung einer Spezies in Betracht gezogen werden können. MAOHS versucht dieses Problem durch die

„... mittelbare Bestimmung ...“

zu lösen, ein Verfahren das er in völliger Analogie zur Botanik entwickelt, in der man

„ ... eine nicht blühende Pflanze weder bestimmt, noch charakterisirt, sondern ihre Blüthezeit abwartet ... “ (HAIDINGER, 1845, S. 479).

Der Mineraloge kann aber, anders als der Botaniker, keine Reifezeit abwarten, doch wenn

„ ... die Reihe von Zuständen nicht nach einander Statt finden, so kann sie doch neben einander Statt finden ... “ (MAOHS, 1832, S. 449).

Aufgrund der offensichtlichen methodischen Mängel erhält man daher mitunter nur ein sehr dürftiges Bild von den Mineralien. Das System ist zwar

„ ... sehr scharfsinnig und consequent ... “,

wie KOBELL (1864, S. 338) schreibt,

„ ... leider zeigt sich dabei, daß die wissenschaftliche Methode gleichsam für das Erste, die Natur dagegen für das Zweite gilt; fügt sich letztere nicht der Methode, so bleiben ihre Producte eben unbestimmt. Die Methode deshalb zu ändern und ihre Wirksamkeit weiter tragend zu machen, konnte sich Mohs nicht entschließen ... “.

Obwohl HAIDINGER (1845, S. 458), aus pietätvoller Anerkennung, wie HAUER (1871, S. 32) meint,

„ ... diesem schönen Systeme meines verehrten, nun verewigten Lehrers noch fernerhin getreu zu folgen ... “

verspricht, stellt er doch in der Vorrede seines Handbuches (HAIDINGER, 1845), in dem er sich nunmehr selbst als Lehrer an seine Studenten wendet, klar:

„Nun war mein Verhältnis zur Lehre von Mohs verändert. Es ist des Lehrers Pflicht, nicht mehr freie Wahl, nach Kräften in allen Theilen der Wissenschaft die eigene Überzeugung, sie stimme mit Bekanntem überein, oder weiche von demselben ab, mitzutheilen ... “.

Nicht oder nur unvollkommen Bestimmbares wird in einen allgemeinen Anhang verwiesen. Je größer dieser allgemeine Anhang, umso störender. Bereits 1843 formuliert HAIDINGER (1845b, S. 144) die Frage

„ ... wenn er fast die Hälfte des Mineralreiches umschliesst, was gibt dann das System für Uebersicht? ... “

Die Antwort mag er wohl schon geahnt haben, obwohl er sie erst zwei Jahre später mit Bestimmtheit aussprach:

„ ... Die chemischen Erscheinungen sind es, welche hier einen Fingerzeig zu geben im Stande sind, wenn man auch nie vergessen soll, daß man die Versuche nicht von dem mineralogischen, sondern von dem chemischen Gesichtspunkte unternimmt. Nicht chemische Mineralogie, die wahre wissenschaftliche Chemie ist es, welche uns über die Zusammensetzung der Spezies des Mineralreiches, und der dieselben bildenden Individuen aufklärt. Auch dem rein-naturhistorischen Mineralogen ist die chemische Kenntniss der Mineralkörper unentbehrlich, ja man kann ohne einige Kenntniss der Chemie nur wenig Fortschritte in der Uebersicht der so wichtigen und interessanten Beziehungen der Mineralspezies gegen einander machen. Das Studium der Chemie bildet daher eine höchst wichtige Aufgabe auch für den Mineralogen ... “ (HAIDINGER, 1845, S. 480).

Selbst wenn diese Ansicht noch vorsichtig formuliert ist, so hat sich HAIDINGER damit ganz eindeutig von der naturhistorischen Methode seines Lehrers Friedrich MAOHS entfernt. Zwar erkennt auch MAOHS (1812, S. XXI) die Chemie als solche an,

„ ... denn wer mögte sich damit begnügen, die Produkte des Mineral-Reiches zu kennen, ohne von ihren chemischen Eigenschaften etwas zu wissen ... “,

aber diese neben den äußeren Kennzeichen bei der systematischen Bestimmung zu verwenden, bedeutet für ihn Inkonsequenz in der Methode und Verletzung des naturhistorischen Prinzips. Deshalb sollten Chemie und Naturgeschichte

„ ... jede für sich, ihre Straße ruhig fortwandeln, gegenseitig sich zwar im Auge behalten und zu neuen oder gründlicheren und tiefern Untersuchungen leiten und aufmuntern; nie aber miteinander sich vermengen ... “ (MOHS, 1812, S. 125f).

Diese Differenz in den Anschauungen wollte HAIDINGER,

„ ... so lange sein verehrter Lehrer lebte, nicht zum Ausdruck bringen ... “ (HAUER, 1871, S. 32).

Wie gering die Chemie damals geschätzt wurde, zeigen die Erinnerungen von VOGELSANG (1867, S. 111f), später Professor für Mineralogie und Geologie am Polytechnikum in Delft, an seine Studienzeit und das soeben erschienene Lehrbuch von BISCHOF, in dem er zwar

„ ... mit dem besten Willen etwas zu lernen ... “

herumblättert, aber

„ ... erschrecklich wenig ... “

verstand, und deshalb war er auch

„ ... heimlich froh, daß es zu jener Zeit schon viele achtungswerthe Leute gab, welche Bischof verurtheilten, und damit die angehenden Bergleute der Mühe enthoben, für das Examen in der Geologie drei voluminöse, nicht eben anziehend geschriebene Bände voller Zahlen und Versuchen durchzustudieren ... “.

Wesentlich deutlicher als HAIDINGER formulierte PETTKO (1847, S. 134), Professor in Schemnitz, kurze Zeit später die Forderung, daß chemische Eigenschaften

„ ... in der Mineralogie mit demselben Rechte und Nothwendigkeit benützt werden, mit welchem die Resultate der letzteren in der Geologie in Anwendung kommen. ... “.

Die Idee, naturhistorische und chemische Bestimmungsmerkmale gleichermaßen zu berücksichtigen war keineswegs neu. Sie findet sie sich schon bei WALLERIUS, einem Zeitgenossen LINNÉs, der zwar den äußeren Kennzeichen den Vorrang gibt, gleichzeitig meint,

„ ... daß aber, wo diese unsicher und ungenügend, jene Kennzeichen, welche vom Verhalten im Feuer und gegen chemische Agentien oder gegen andere Körper zu erhalten sind, beigezogen werden müssen ... “ (zit. n. KOBELL, 1864, S. 155).

Selbst im System von BERZELIUS, der die Meinung vertrat,

„ ... daß die Mineralogie überhaupt nur als ein Theil der Chemie angesehen werden könne oder nur einen Anhang zu ihr bilde ... “ (zit. n. KOBELL, 1864, S. 332),

blickt

„ ... die naturhistorische Aehnlichkeit der Mohs'schen Ordnungen ... “

durch (HAIDINGER, 1845, S. 455). Etwa zeitgleich mit HAIDINGER läßt auch NAUMANN chemische und naturhistorische Ähnlichkeiten zusammenwirken. Bei HAIDINGER jedoch erhält dieses Zusammenwirken erstmals eine methodische Begründung. Es erfolgt, wie wir gesehen haben, geradezu als innere Nothwendigkeit, weil sonst das naturhistorische System insgesamt, an die Grenzen seiner Anwendbarkeit stoßend und nicht mehr erweiterbar, scheitern würde. Deshalb wird ein

„ ... ideales System ... “

notwendig, das

„... auf die Prinzipien der einen Wissenschaft gegründet, auch den Forderungen und Grundsätzen der andern entspricht ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 459).

Das spiegelt sich auch in der heute gültigen Definition eines Minerals wieder.

„... A mineral is generally accepted as being a crystalline substance with defined compositional limits, and which has been formed as the result of geological processes. The essential components in the definition of a mineral are its chemical composition and its crystallographic properties ...“ (NICKEL & MANDARINO, 1988, S. 276).

In diesem Sinne stellt die erstmals von den englischen Physikern BRAGG, basierend auf LAUES Entdeckung der Beugung der Röntgenstrahlen durch Kristalle, durchgeführte Erforschung der Gitterstruktur des Kristallbaus zwar eine wichtige Erweiterung, aber keineswegs eine Erneuerung der Mineralogie dar. Versuche, der einen oder anderen Methode wieder eine vorrangige Bedeutung zuzumessen, hat es bis in die Gegenwart gegeben, so etwa ein kristallchemisches System durch BRANDENBERGER (1948, S. 247), das freilich zunächst ebenfalls

„... unter rein stereometrischen Gesichtspunkten aufgestellt werden ...“

kann, womit wie in allen anderen Fällen auch, letztlich nur eine Variation des

„... idealen Systems ...“

vorliegt.

Es war aber nicht nur seine schon in jungen Jahren in Edinburgh gemachte Bekanntschaft mit dem Chemiker TURNER, mit dem gemeinsam er eine bis heute gültige Unterscheidung der Manganerze in Manganit, Pyrolusit, Psilomelan, Hausmannit und Braunit erarbeitete, die HAIDINGER vom Wert und der Notwendigkeit der Chemie in der Mineralogie überzeugten und ihn, wie ROSE (1871, S. 452) schreibt, bewegten, von der einseitigen Methode von MOHS abzugehen, sondern es war dies eine notwendige Konsequenz der Bedeutung, die HAIDINGER den Pseudomorphosen für die Lösung mineralogischer Problemstellungen beimaß. Diese Pseudomorphosen stellten die Frage nach dem Zusammenhang zwischen äußerer Form, also der Kristallisation als Grundlage der oryktognostischen Systeme, und innerer bzw. chemischer Zusammensetzung in den Raum. Waren die Pseudomorphosen als solche der reinen deskriptiven Naturbeschreibung der Mineralogen zugänglich, galt dies nicht in gleicher Weise für ihre Entstehung, die man anfänglich nur in Gedanken rekonstruieren konnte. Erst mit zunehmenden experimentellen Versuchen konnten die herrschenden spekulativen Ansichten nach und nach auf eine empirische Grundlage gestellt werden.

So erklärt sich auch, daß für BLUM (1843, S. III) die Entstehung der Pseudomorphosen noch in ein tiefes Dunkel gehüllt ist, während sie für BISCHOF (1851, S. 3) acht Jahre später das aufgehende Licht bedeuteten.

Als Erster erkannte WERNER, daß es Mineralien gibt, die äußerlich die Form einer Spezies zeigen, tatsächlich jedoch im Inneren aus einer anderen Spezies zusammengesetzt sind. Sein Begriff der „Afterkristalle“ ist jedoch nur in einem sehr begrenzten Sinne mit jenem der Pseudomorphosen gleichzusetzen, weil er darunter nur die Ausfüllung von Kristallhohlformen bzw. die Inkrustation von Kristallen mit fremder Mineralsubstanz verstand (vgl. FISCHER, 1961, S. 231). Den letzteren Begriff als solchen erstmals verwendet hat wahrscheinlich HAÜY (1804, S. 202), der von Concretionen schreibt,

„... welche wir Pseudomorphosen (fremdartige äussere Gestalten) nennen wollen, d. h. Körper, welche eine falsche und trügerische Figur haben, weil die zu dieser Klasse gehörigen Substanzen sehr kenntlich fremdartige Formen zeigen, welche sie andern Körpern, die dieselben von der Natur erhalten hatten, gewissermassen geraubt haben ...“.

Seine heutige Bedeutung erhält der Begriff aber durch eine berühmte kleine Schrift, „Über die Aechtheit der Krystalle“ (1815), von August BREITHAUPT verfaßt. Es galt aber, diese

„... gestörten Bildungen ...“ (HAIDINGER, 1845, S. 298)

nicht nur zu beschreiben, sondern eine wissenschaftliche Erklärung für die Umänderung der Kristalle, somit für den Ablauf der Prozesse selbst, zu liefern. Das gelang zunächst auch HAIDINGER nicht, dem diese Vorgänge

„... durch die bekannten Gesetze der chemischen Affinität unerklärlich scheinen ...“ (zit. n. BISCHOF, 1851, S. 212).

In seinen „Anfangsgründen“ gibt er einen ersten Erklärungsversuch, und zwar in gänzlicher Analogie zu jener der Petrefakten, der heutigen Fossilien (HAIDINGER, 1829, S. 20).

Reinhard BLUM hatte eine kleine Sammlung von Pseudomorphosen zusammengetragen. Ein Besuch Leopold von BUCHS, der dabei von der Wichtigkeit des Studiums dieser Körper „durchdrungen“ wurde, gab, wie BLUM (1879, S. VII) im vierten Nachtrag selbst schreibt, den unmittelbaren Anlaß für seine Bearbeitungen, dessen Ergebnis fünf Bände über „Die Pseudomorphosen des Mineralreichs“ (1843–1879) waren, in denen er mit größter Genauigkeit das vorliegende Beobachtungsmaterial deskriptiv bearbeitete und alle schon zuvor durchgeführten bekannten Beobachtungen umfassend auflistete. Dies führte ihn zu einer Gliederung in zwei Abteilungen. Ein Beispiel für die in der Natur sehr häufig vorkommenden Umwandlungspseudomorphosen, die entweder durch den Verlust, die Aufnahme oder den Austausch von Bestandteilen zustande kommen, ist jene des den Atmosphärien ausgesetzten Anhydrit zu Gips bzw. in der damaligen Terminologie ausgedrückt, von

„... Gips nach Anhydrit ...“ (BLUM, 1843, S. 12f).

Bereits hier läßt sich die große Bedeutung ahnen, die den Pseudomorphosen in den Geowissenschaften noch zukommen sollte,

„... da viele, der in der Natur vorkommenden Gypse auf solche Weise aus Anhydrit entstanden seyn möchten ...“ (BLUM, 1843, S. 24).

Die zweite Abteilung wird durch Verdrängungspseudomorphosen gebildet, bei der

„... eine neue Mineral-Substanz eine ältere verdrängt und sich dabei die Form der letzteren aneignet ...“ (BLUM, 1843, S. 220f).

Für BUCH ist mit diesem umfassenden Werk eine neue Wissenschaft begründet, die Geochemie (BLUM, 1845, S. VIII).

Eine zusammenhängende Erklärung lieferte diese Einteilung jedoch nicht. Eine solche versuchte noch im selben Jahr HAIDINGER (1845c, S. 234f) zu geben, indem er analog den veränderten geognostischen Höhenstellungen mit den Ausdrücken anogen und katogen elektrochemische Gegensätze darzustellen versuchte. Wenn ein Körper in einen anderen verwandelt wird, so der Ausgangspunkt seiner Überlegungen, muß das Vorhandensein eines dritten angenommen werden, der diese Veränderungen hervorzurufen vermag.

„ ... Wir dürfen wohl einen Strom von gewisser Beschaffenheit annehmen, in dem sich dieser Körper bewegt, der eine auflösende Kraft auf die Materie des gegebenen Krystals besitzt. Entweder der Strom löste einen Bestandtheil dieser Materie auf, und führte ihn mit sich fort, so daß der Rest in der Form, gleichsam auf einem Filtro unaufgelöst zurückblieb, oder die Materie fällte aus der Auflösung, die in dem Strom vorüber ging, einen Körper, der mit ihr oder anstatt ihr unauflöslich zurück blieb. Die Wirkung ist stets chemisch, aber nicht ohne eine mechanische Annäherung der Theilchen, bis zu der Entfernung, wo sie erst chemisch auf einander wirken können. Schlüsse auf diese Körper und die Verhältnisse, welche wirksam gewesen sein können, werden am sichersten begründet, wenn man die Mischungsverhältnisse der zwei gegebenen, des verschwundenen und des pseudomorphen oder neu gebildeten, aus allgemeineren Gesichtspunkten mit einander vergleicht, und dazu ist wohl der elektrochemische Gegensatz derselben der natürlichste, der denn auch diejenigen Fälle, in welchen der Inhalt gänzlich verändert wurde, auf gleiche Stufe mit denen bringt, bei welchen nur Weniges verändert worden ist. ... “

In dieser Betrachtungsweise ist auch das feste Eis, das im Winter den Raum einnimmt, den zuvor das flüssige Wasser erfüllte, ebenso wie kristallisierter Zucker innerhalb des amorphen, bereits eine Art von Pseudomorphose, obwohl sie im allgemeinen nicht als solche zählen, weil der amorphe Zucker nicht individualisiert,

„ ... erst der krystallisierte, so wie das Eis nimmt unorganische Gestaltung an, er verhält sich zum Zucker wie Wasser zum Eis, er zeigt den Wasserzustand des Zuckers. ... “

Das entscheidende Verhältnis, das den Amorphismus bedingt, ist das Verhältnis von Temperatur und Pressung.

„ ... Man nehme bei gleicher Temperatur die Pressung hinweg, und Granat und Idokras werden zu Glas schmelzen, oder sie erscheinen amorph ... “ (HAIDINGER, 1848b, S. 116).

Von einem solchen allgemeinen höheren Gesichtspunkt aus ergeben sich zwei große Abteilungen, die in einander entgegengesetzte Richtungen streben, anogene Oxydation gegen die Oberfläche, katogene Reduktion gegen die Tiefe hin.

Diese Darstellung war rein spekulativ und entbehrte einer ausreichenden empirischen Grundlage und war, obwohl HAIDINGER (1845c, S. 242) selbst sagt, er wolle nicht behaupten, Alles richtig gedeutet zu haben, sehr rasch heftigen Angriffen ausgesetzt. Abgesehen von BLUM (1847, S. 1), der sich wohl in seiner persönlichen Ehre gekränkt fühlte, weil er meinte, HAIDINGER halte die von ihm vorgenommene Einteilung

„ ... nicht für geeignet zur allgemeinen Betrachtung ... “,

war es vor allem BISCHOF (1851, S. 213f), der in kritischen Stellungnahmen Belege erbrachte, die Temperatur und Druck eine geringere Bedeutung zumessen sollten, zugunsten einer stärkeren Betonung der Gebirgswässer. Insbesondere sei aber nicht klar, was man sich unter „Strömen“ vorzustellen habe.

„ ... so lange sich Haidinger nicht bestimmt darüber ausspricht, kann seine Strom-Theorie einer strengeren Kritik nicht unterworfen werden. ... “

HAIDINGER selbst hatte, schon vor dem Erscheinen von BISCHOFs physikalischer und chemischer Geologie, versucht, durch eine Fülle von Beobachtungen und Belegen

seine Spekulation zu einer induktiv gestützten Hypothese auszubauen. So sieht er in den Alterationen der Cordierite im norwegischen Krageröe, die von SCHEERER einer vergleichenden Untersuchung unterzogen worden waren, durch das Mg-Aluminosilikat Aspasiolith, also einer Pseudomorphose Aspasiolith nach Cordierit, einen Beleg dafür, daß sich solche Bildungen auf Veränderungen in der geologischen Stellung des Gesteins beziehen müssen (HAIDINGER, 1847d, S. 79f). Damit verknüpft er auch die Frage nach der Bildung des

„ ... wahren eigentlichen Granits ... “.

Als weiteres Beispiel seien hier noch die Mergelpyramiden vom Montmartre bei Paris genannt, für deren Entstehung es seit ihrer Entdeckung durch DESMAREST und PREVOST im Jahr 1809 keine Erklärung gab. Dieses Rätsel führt HAIDINGER (1847e, S. 67f) auf Eindrücke von Salzwürfeln zurück, auf Bildungen

„ ... Wasser pseudomorph nach Steinsalz ... “,

die er als mechanische Pseudomorphosen bezeichnet. Eine Erklärung, die vor ihm schon NOEGERATH (1846, S. 310f) für ähnliche Phänomene in den Württemberger Sandsteinen gegeben hatte, wie HAIDINGER auch ausdrücklich hervorhebt.

Mit keinem dieser Beschreibungen wird der Vorgang der Pseudomorphose aber tatsächlich als solcher erwiesen. Wie viele Beispiele er auch immer sammeln könnte, der Genese würde letztlich immer nur ein gewisser Grad an Wahrscheinlichkeit zukommen. Ein endgültiger Nachweis könnte nur durch ein heuristisches Experiment möglich sein. Diesen Beweis versucht HAIDINGER an jenem Beispiel von Pseudomorphosen zu erbringen, die zu dieser Zeit bereits als der Schlüssel zur Lösung zahlreicher geologischer, und nicht so sehr mineralogischer, Probleme galten, der Umwandlung von Calcit in Dolomit, also

„ ... Dolomit nach Kalkspath ... “.

Gleichzeitig werden damit die besonderen Schwierigkeiten des geowissenschaftlichen Experiments offenbar, das deshalb, im Unterschied zu anderen naturwissenschaftlichen Disziplinen, bis in die Gegenwart in seiner Bedeutung hinter der eigentlichen empirischen Beobachtung im Gelände zurückgeblieben ist. Wissenschaftstheoretisch liegt dies in der größeren Bedeutung der Abduktion für erdwissenschaftliche Fragestellungen begründet, verglichen mit Physik oder Chemie.

Aufgrund solcher unmittelbarer Beobachtungen stellt HAIDINGER (1845b, S. 120) zunächst einmal die Behauptung auf, daß es Pseudomorphosen zwischen Calcit und Dolomit gibt, und versucht dies mittels Handstücken zu belegen. Eine Reihe seiner Handstücke

„ ... ging von reinem krystallisirten Kalkspathe aus, setzte fort durch Varietäten, die mit Dolomit überzogen waren, und endigte in den blos aus Dolomit bestehenden bekannten hohlen Braunspathpseudomorphosen ... “,

eine andere Reihe

„ ... begann mit dem Felsdolomit, der erst von ganz dünnen Kalkspathgängen durchzogen ist, dann dickere Gänge zeigt, endlich ein konglomeratartiges Ansehen gewinnt, in welchem die zellige Basis Kalkstein ist, die eingeschlossenen Fragmente von Dolomit selbst aber zu Sand zerfallen. ... “

Die Dolomitbildung war bereits seit 1824 zu einer der Kernfragen der Alpengeologie geworden. In diesem Jahr stellte Leopold von BUCH seine berühmte Theorie über die Bildung der Dolomite aufgrund seiner Beobachtungen, insbesondere im Fassatal, auf. Schon ARDUIN war zu dem Schluß gekommen, daß dieses Gestein wegen seiner

Struktur früher Kalkstein gewesen sein müßte (MORLOT, 1847, S. 305f). Er bezeichnete es noch als Marmor, denn erst SAUSSURE, der eine umfassende mineralogische Studie über dieses Gestein veröffentlichte, sollte ihm den Namen Dolomit geben, zu Ehren des französischen Forschers DOLOMIEU, der auf die eigentümlichen Magnesia-hältigen Kalke Südtirols aufmerksam wurde und sie ausführlich beschrieb (vgl. ZENGER, 1994, S. 24f). BUCH führte umfangreiche Studien in der Natur durch, die ihn zu der Erkenntnis brachten, daß das ursprüngliche Kalkgestein einem späteren Umwandlungsprozeß unterworfen gewesen sein müßte. Die tief eingerissenen Täler legten ihm die

„ ... *kühne Gedankenverbindung* ... “

nah, daß der ursprüngliche Kalk kontaktpneumatolytisch umgebildet worden sei (MORLOT, 1847, S. 307). Durch die Eruption der Augitporphyre würde er gehoben, zerklüftet und durch dampfförmige Magnesia dolomitisiert. Ebenso wie er zunächst als Schüler WERNERS die neptunistischen Anschauungen zu sehr verallgemeinerte, ließ er sich auch hier von dem in den Geowissenschaften so häufig vorkommenden Trugschluß leiten, es könne für eine Ursache nur eine Wirkung geben. Deshalb sei jeder Dolomit auf vulkanische Dolomitisierung zurückzuführen (VOGELSANG, 1867, S. 90).

Einwürfe gegen seine Theorie waren leicht zu entkräften. Die Schichtung, die manchem als Beweis für neptunistische Bildung galt, sei erhalten geblieben, weil die Umwandlung langsam und ruhig vor sich gegangen war. Die Versteinerungen sind ein Beweis für den direkten Absatz des ursprünglichen Kalkes aus Wasser, was ja nicht bestritten wird. Ihre bis zur Unkenntlichkeit gehende Deformierung stützte geradezu die Auffassung einer Umwandlung. BUCH übertrug seine Spekulationen von Südtirol ausgehend auf die gesamten Alpen.

„ ... *Er zweifelte daher nicht länger, daß das Heraustreten dieser neuentdeckten Porphy-Formation es eigentlich gewesen sey, welche das Riesengebirge der Alpenkette erhoben und in seine gegenwärtige Stellung versetzt habe. Überall, wo diese Porphyre sich zeigen, kommen auch mit ihnen die wunderbaren schneeweissen, zuckerförmigen Dolomitfelsen zum Vorschein* ... “ (HARTMANN, 1842, S. 431).

Südtirol wurde zum Schlüssel für das vollkommene Verständnis des Alpenbaus und entsprechend versuchte man, überall, wo sich Dolomite fanden, Porphyre in ihrer Nähe nachzuweisen. Wenn sich auch BUCHS Vorstellungen von Dolomitisierung und Gebirgsbildung in ihrer Gesamtheit nicht als richtig erwiesen, so wurde dabei doch erstmals deutlich der Gedanke ausgesprochen, Gebirge könnten durch Erhebung entstanden sein.

Auf seinen empirischen Belegen, insbesondere Bittersalzausblühungen, die er an einem Felsen nahe eines Gipssteinbruches beobachtet hatte (MORLOT, 1848, S. 182), aufbauend, behauptete HAIDINGER, daß Bittersalz, in vielen Quellen und im Meerwasser enthalten und zudem leicht löslich, den Kalkstein zersetzt und dabei den unlöslichen Dolomit und den leichter löslichen und daher auch chemisch transportierten und nicht mehr vorhandenen Gips gebildet habe. Tatsächlich wiesen erste chemische Versuche auf die genau entgegengesetzte Reaktion hin. Dies entsprach durchaus seiner Theorie, die eine anogene Bildung in Oberflächennähe annahm. In größerer Tiefe sollte jedoch die entgegengesetzte katogene Bildung, unter dem Einfluß von Erdwärme und entsprechendem Druck, stattfinden.

Damit zeigt sich deutlich ein Problem erdwissenschaftlichen Experimentierens, wie es in der physikalischen und chemischen Forschung weit seltener auftritt, nämlich die Realisierung von der Natur vorgegebener Bedingungen. Die heuristische Funktion des Experiments bleibt dadurch unberührt, zur Verifizierung oder Falsifizierung einer Theorie kann es aber nur eingeschränkt herangezogen werden. Noch deutlicher zeigt sich das bei den etwa zur selben Zeit durchgeführten eindrucksvollen Versuchen HOCHSTETTERS (1870, S. 771f), die Eruptionerscheinungen tätiger Vulkane in einer Miniaturkopie nachzuvollziehen. Mit diesen Modellen, die bestimmte Prozesse unter bestimmten Bedingungen nachweisen, wird wegen der Unmöglichkeit, die Faktoren Raum und Zeit im Experiment wirklich adäquat zu berücksichtigen, immer nur eine näherungsweise Simulationen der natürlichen Geschehnisse erreicht. Daran ändert auch die Umwandlung realer Geschehnisse in virtuelle bei Computersimulationen nichts, weil sie vom Forscher durch subjektive Auswahl relevanter Parameter und Daten entscheidend mitbeeinflusst wird.

„ ... *Es gibt* ... “,

SO ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, S. 153),

„ ... *Zustände und Prozesse, die zur Zeit nicht, und solche, die wahrscheinlich überhaupt niemals experimentell simuliert werden können.* ... “

Die grundsätzliche Frage nach der Objektivität der Erkenntnis tritt deutlich zutage, denn wie in der modernen Physik und Molekularbiologie (OESER, 1974, S. 2) ist auch in den Geowissenschaften

„ ... *der Abgrund zwischen unmittelbarer Erfahrung und Theorie größer und der Weg zwischen Gegenstand und Beobachter länger und schwieriger geworden* ... “.

Das zeigt sich nicht zuletzt daran, daß die experimentelle Synthese des Dolomits sich bis auf den heutigen Tag als schwierig erweist (vgl. PURSER, 1994, S. 4f) und gemeinsam mit geologischen, mineralogischen und petrographisch dokumentierten Unterschieden einen aktualistischen Vergleich zwischen den Prozessen heute beobachtbarer Dolomitisierung mit jenen der Erdgeschichte in Frage stellt.

Das Experiment HAIDINGERS mußte also die durch die Theorie vorgegebenen Bedingungen der Natur künstlich herstellen und überprüfen, ob die verlangte chemische Reaktion, eine katogene Pseudomorphose von Dolomit nach Calcit, vor sich gehen würde. Auf einer Versammlung der „Freunde der Naturwissenschaften“ im Mai 1847 konnte MORLOT (1847b, S. 393), der die Versuche im Labor durchführte, berichten, daß die Ergebnisse eine Bestätigung der Theorie erbracht hatten,

„ ... *es zeigte sich, dass ein Gemenge von krystallisiertem Bittersalz und gepulvertem Kalkspath in den Gewichtsverhältnissen von 1 zu 2 Atom, in einer geschmolzenen Glasröhre eingeschlossen, welche selbst in eine Abänderung des berühmten Flintenlaufs Sir James Halls gebracht wurde – bei einer Temperatur von 200°R. und einem Druck von 15 Atmosphären sich so vollständig zu dem Doppelsalze von kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia und schwefelsaurem Kalk zersetzte, dass keine Spur von Bittersalz übrig blieb* ... “ (MORLOT, 1848, S. 183f).

Dass es sich bei der gebildeten Substanz tatsächlich um Dolomit handelt, wurde entsprechend den damals vorhandenen Möglichkeiten hinreichend genau durch verdünnte Salzsäure erwiesen (HAIDINGER, 1847f, S. 462).

Damit war

„... die grosse Frage, die schon ARDUIN geahnt, die Leopold VON BUCH so meisterhaft aufgestellt, die Elie de BEAUMONT so scharfsinnig behandelt ...“

hat, auf eine

„... eben so einfache wie glänzende Weise gelöst ...“
(MORLOT, 1848, S. 181).

BEAUMONT war schon als Resultat geologischer Überlegungen über dolomitische Korallen durch das Verhältnis, welches zwischen den Hohlräumen des Dolomits und der gesamten Gesteinsmasse bestand, zu demselben chemischen Vorgang gelangt. MORLOT (1848, S. 179f) vollzieht dessen Versuche nach, um dadurch die Theorie auf eine physikalisch-mathematische Grundlage zu stellen. Er errechnet an einem grauen Dolomit von mittlerer Drusigkeit 12,9 Prozent hohle Räume und erzielt damit eine sehr gute theoretische Übereinstimmung mit den Berechnungen BEAUMONTs. Gleichzeitig gelingt es ihm, in den Reihen noch fehlende Zwischenstufen, also

„... im Uebergang begriffene, gewissermassen halbfertige Dolomite ...“

in der Gegend von Raibl nachzuweisen (MORLOT, 1850, S. 126f). Das chemische Experiment selbst wurde vielerorts von Forschern nachvollzogen und lieferte eine Bestätigung der Ergebnisse. Was braucht es also, resümiert FAVRE (1849, S. 191), um Dolomit zu bilden?

„... Es braucht dazu: 1. Kalkstein, 2. schwefelsaurer Kalk oder Chlormagnesium, 3. eine Temperatur von 200°C, 4. ein Druck von 15 Atmosphären. Ich glaube, dass diese Umstände dort, wo man jetzt die dolomitischen Ketten Tirols sieht, zusammengetroffen haben ...“.

Auf dieser gut gesicherten empirischen Grundlage, die seiner Theorie

„... einen bedeutenden Grad von Wahrscheinlichkeit ...“

verleiht (HAIDINGER, 1848b, S. 106), überträgt HAIDINGER nun seine Vorstellung von der anogenen und katogenen Bildung der Pseudomorphosen auch auf andere Gesteine. Die Anwendung seiner „Induktionsphilosophie“ auf die Eruptivmassen von Gleichenberg lässt ihn, gestützt auf chemische Analysen von Quellen, eine plutonische Masse in der Tiefe annehmen, eine Spekulation freilich, für deren vollständigen Nachweis noch viele Untersuchungen erforderlich sind und die

„... nur den Weg der Forschung bezeichnen ...“

kann (MORLOT, 1847c, S. 336f).

Bereits HAUER (1875, S. 92) wußte, dass das „Dolomiträtsel“ damit keineswegs gelöst war, denn es hatte sich mindestens ein weiterer Weg der Dolomitbildung, und zwar durch direkten Absatz aus Wasser herausgestellt. Damit wird in sehr anschaulicher Weise eine weitere Schwierigkeit erdwissenschaftlichen Experimentierens sichtbar. Wenn bei einem Seminar an der Wiener Universität das Experiment als eine gewaltsame Frage an die Natur bezeichnet wurde, auf welche die Natur zu antworten gezwungen wird, so ist man versucht, um bei diesem Bild zu bleiben, der Natur zuzugestehen, dass sie mindestens bei vielen geowissenschaftlichen Experimenten schlaue genug ist, ausweichend zu antworten. Durch die Vereinigung von experimenteller Erfahrung und wissenschaftlicher Theorie, die auf GALILEI zurückgeht (vgl. OESER, 1979b, S. 7f), wurde eine aktive Forschungsmethode zur Entscheidung über die Wahrheit oder Falschheit einer Theorie geschaffen. Die Natur hat zwar auf die Experimente von HAIDINGER und MORLOT eine Antwort gegeben. Aber es war eben nur eine von mehreren möglichen Antworten. Aus dem in der

Geschichte der erdwissenschaftlichen Erkenntnis, wie noch zu zeigen sein wird, immer wieder auftretenden Bestreben, eine universelle Hypothese zu entwickeln, wurde eine prinzipiell richtige Erklärung, sieht man von der durch HOPPE-SEYLER (1875, S. 520) nachgewiesenen Tatsache, dass die Magnesiumzufuhr nur durch das Meer erfolgen konnte ab, durch eine ungerechtfertigte Verallgemeinerung eines richtigen Experimentes mit einem richtigen Resultat zu einer eben nur teilweise richtigen Hypothese ausgebaut.

„... Die Natur hat vielmehr in verschiedenen Gegenden verschiedene Wege eingeschlagen ...“ (DOELTER & HOERNES, 1875, S. 307)

und deshalb können aus vereinzelt Versuchen keine der Natur entsprechenden Theorien aufgebaut werden. Drei Faktoren sind es, die einer über die Stützung hinausgehenden Anwendung des Experimentes auf geowissenschaftliche Fragestellungen entgegenstehen, die Größe bzw. Entfernung der Objekte, die zeitliche Komponente und die Komplexität der Vorgänge, deren Rahmenbedingungen durch die Natur vorgegeben und nicht beliebig variierbar sind. Die Simulation kann den Vorgang zwar verdeutlichen, sie wird aber niemals das Wesen des Originalgeschehens besitzen, weshalb WUNDT (1883, S. 279) dieses Zugänglichmachen der Naturerscheinungen für unsere unmittelbare Beobachtung durch Nachbildung als indirekte Experimente bezeichnet hat.

Die Bedeutung dieser ersten experimentellen Versuche zur synthetischen Herstellung von Mineralien im Labor liegt weit weniger in den konkreten Resultaten, die sie erbrachten, als vielmehr darin, dass damit jenes allgemeine Verfahren exakter Naturwissenschaften, die von GALILEI als *metodo risolutivo* und *metodo compositivo* bezeichnete Methodenweise von Synthese und Analyse, die VAHINGER die „Methode der entgegengesetzten Operationen“ nennt, auch in den Geowissenschaften angewendet wurde.

„Was der Natur im Kleinen möglich ist, scheint mir, kann sie auch im Grossen ausführen, und hat es gewiss öfter ausgeführt, allein wir finden hier nicht den Beweis so deutlich vor Augen liegen, wie ihn dort die Form liefert, der aber auch gewiss für jenes gelten muss ...“ (BLUM, 1843, S. 361).

Dieser einfache, und gerade deshalb so großartige, Analogieschluß weist den Weg direkt von den Pseudomorphosen hin zur Metamorphose. Was die Natur im Kleinen vermag, vermag sie auch im Grossen. Diese Tatsache ist für HAIDINGER (1848b, S. 106) so sicher, dass man nach der Metamorphose in den Gebirgsschichten hätte suchen können, wäre sie nicht schon unabhängig von den Pseudomorphosen entdeckt worden. Die Natur hat sich mit der Metamorphose selbst ein chemisches Laboratorium eingerichtet, in der sie die aus flüssigem Zustand verfestigten, aus Wasser abgesetzten oder durch organische Prozesse gebildeten anorganischen Produkte zu modifizieren vermag (HAIDINGER, 1848b, S. 131).

Bereits 1822 hatten Überlegungen über die HUTTONsche Theorie BOUÉ (1847, S. 498) auf den Gedanken einer Metamorphose der kristallinen Schiefer gebracht. Er war dafür nicht nur

„... lange Zeit auf der schwarzen Tafel in Freiberg angeschrieben ...“,

sondern auch in Frankreich war

„... das geologische Wissen zu jener Zeit auf einer so tiefen Stufe, dass Brochant ihn freundschaftlich abhielt, in der

Pariser Akademie etwas von den neuen Ansichten mitzuteilen ... “(BOUÉ, 1851, S. 29).

Als Erklärung für die allmähliche Veränderung der geschichteten und massigen Gesteine nimmt er, neben anderen Ursachen, vor allem die steigende Temperatur im Erdinneren an (BOUÉ, 1847, S. 498).

Auf rein induktivem Weg war HAIDINGER zu einer Erklärung der Umwandlungsprozesse gelangt, zu der feststehenden Tatsache,

„... dass im Innern der Gebirgsmassen die sie zusammensetzenden Mineralkörper vielfache und mitunter regelmäßig geordnete vollständige Umwandlungen erleiden ...“ (MORLOT, 1847d, S. 45).

Die Metamorphose als rein hypothetisches Element in der Theorie der Gesteinsbildung gab es bereits, aber HAIDINGER ist es gelungen, eine empirische Begründung dafür zu liefern, was er selbst folgendermaßen formuliert:

„... Die Metamorphose ist von den Geologen bei dem Felsdolomit vorausgesetzt, bei den Pseudomorphosen von den Mineralogen nachgewiesen worden, das gleiche Ergebniss kann nicht anders als jedem Einzelnen zur Bestätigung dienen ...“ (HAIDINGER, 1848b, S. 106).

Was es bedeutet, dass sich

„... die Pseudomorphosen des Mineralreichs mit der anerkannten Lehre der Gebirgsmetamorphose in ein zusammenhängendes Gemälde fassen liessen ...“ (HAIDINGER, 1848c, S. 211),

wird erst dann zur Gänze deutlich, wenn man sich das geologische Weltbild der damaligen Zeit mit seinem Gegensatz zwischen plutonischen Massengesteinen und geschichteten Gebirgsformationen vor Augen hält. Erst das vollendete Studium des Metamorphismus, von dem COTTA sagt, er sei

„... eine der grossen Zeitfragen der Geologie ...“ (FOURNET, 1847, S. III),

eröffnet die Möglichkeit,

„... über die Kette der Alpen und der Karpathen eine genügende Karte zu entwerfen ...“ (HAIDINGER, 1848d, S. 234).

Freilich,

„... so allgemein auch das Princip selbst angenommen ist, eben so dürftig ist bis jetzt das einzelne Detail dieser wichtigen Frage bearbeitet. ...“

Den Gegnern solcher Umwandlungsprozesse, die sich, wie es Alexander PETZOLDT formulierte,

„... ein für allemal von dem Metamorphismus ...“

lossagen wollten, hält BISCHOF (1851, S. 4) entgegen, dass dies bedeute,

„... sich die Augen absichtlich verschließen zu wollen ...“. „Es ist aber dieses ...“,

so HAIDINGER,

„... der Gang wissenschaftlicher Entwicklung überhaupt. Die klare Ansicht, in dem Geiste des aufmerksamen Beobachters durch mancherlei Studien vorbereitet, und als Ergebniss redlicher Arbeit niedergelegt, wird nicht gleich angenommen oder als verdienstliche Gabe anerkannt ...“ (BOUÉ, 1847, S. 500).

Das häufigste Argument, das gegen die vorhin dargestellte Analogie und die daraus resultierenden Schlußfolgerungen vorgebracht wurde, war die Unzulässigkeit der Übertragung lokal begrenzter Vorgänge, wie es die Pseudomorphosen sind, auf ausgedehntere Räume. Dem hält BLUM (1863, S. 1) entgegen, dass der Vorgang als solcher

dadurch aber nicht geleugnet werden kann. Die Erkenntnis, dass es Pseudomorphosen gibt, ist zunächst einmal unabhängig von dem betreffenden Umwandlungsprozeß, durch den sie erklärt werden können.

HAIDINGER hat

„... die Frage auf ihre natürliche, elementare Grundlage, auf die Mineralogie – die Metamorphose auf die Pseudomorphose ...“ (MORLOT, 1847, S. 308)

zurückgeführt, indem er nachgewiesen hat, dass der chemische Prozeß der Umwandlung von Calcit zu Dolomit unter bestimmten Bedingungen in der Natur tatsächlich vor sich gehen kann. Damit hat sich die Bedeutung der Chemie aber völlig gewandelt, sie wird, wie HAIDINGER (1848b, S. 103) es aphoristisch ausdrückt, zur Sprache, mit der man im Buch der Natur zu lesen vermag. So lassen sich die neuen Erkenntnisse auf den steirischen Erzberg übertragen, einer der Hauptstützen der Eisenindustrie, wo

„... entlang den Sprüngen und Spalten, soweit Luft und Wasser sich Zutritt gebahnt ...“,

die Umwandlung in Brauneisenstein (Limonit) erfolgt,

„... der hier als eine wirklich metamorphische Gebirgsart auftritt ...“ (HAUER, 1875, S. 92).

An diesem Beispiel wird gleichzeitig deutlich, dass der Begriff nicht nur jenen der Kontaktmetamorphose im Sinne LYELLS umfaßte, sondern, entsprechend den Vorstellungen von der „Latenten Metamorphose“ zunächst, wesentlich umfassender als heute, wo Vorgänge an der Erdoberfläche, auch wenn der feste Gesteinszustand dabei beibehalten wird, nicht miteinbezogen werden, alle natürlich stattfindenden sekundären chemischen Gesteinsumwandlungen.

Damit wird jener Zusammenhang zwischen der Orykto-gnosie und der Deutung geologischer Erscheinungen hergestellt, der sich in vielfältiger Form befruchtend auf die weitere erdwissenschaftliche Forschung, sowohl die theoretische wie die angewandte, auswirkte. So fordert BOUÉ (1848b, S. 404) schon 1847 auf einer Versammlung, aufgrund der Tatsache,

„... dass gewisse Gruppen von Mineralien immer zusammen sich finden, während andere nie mit einander zusammentreffen; und viele Mineralien nur gewissen Formationen oder selbst Gebirgsarten eigen sind ...“,

die Erdwissenschaftler mögen sich verstärkt der

„... mineralogischen Topographie ...“

widmen.

„Wo ...“

fragt er,

„... sind die Werke über diesen Gegenstand? Es gibt leider darüber nur einige gedruckte Seiten ...“.

Versucht man die erste Hälfte des 19. Jahrhunderts zusammenfassend zu charakterisieren, so ist sie vor allem gekennzeichnet durch das Bemühen, eine allgemein anerkannte mineralogische Systematik zu schaffen, wofür, scheinbar paradox, eine Abkehr von der systematischen zugunsten einer spezifischen Nomenklatur erforderlich war. Es war dies, über die Mineralogie hinaus, für alle erdwissenschaftlichen Disziplinen von grundlegender Bedeutung. Ausgangspunkt war eine in strenger Analogie zur Zoologie und vor allem zur Botanik entwickelte naturgeschichtliche Auffassung von Mineralogie, die jedoch letztlich aus der Erkenntnis,

„... dass ein Mineral nicht bloß eine mathematische Form, sondern ein Naturkörper ist, dessen Bestand, wie im Organischen, viel wichtiger als seine Form ist ...“ (BOUÉ, 1851b, S. 5),

physikalische und chemische Mineralogie zu einer gemeinsamen Wissenschaft verschmolz. Damit einher geht auch die Einführung des Experimentes als einer aktiven Forschungsmethode, und zugleich, entsprechend der Methodenpluralität, der Synthese als notwendige Ergänzung zur Analyse. Es zeigt sich aber auch, dass dem Experiment in den Erdwissenschaften nicht dieselbe Bedeutung wie vergleichsweise in der Physik oder Chemie zukommen kann, weil besondere Probleme auftreten, die sich aus der nur begrenzten Übertragbarkeit der experimentellen Ergebnisse in die Natur ergeben, denn auch

„... wenn es gleich gelungen ist, im Laboratorium eine oder die andere Substanz, die auch in der Natur fertig vorkommt, auf einem bestimmten Wege zu erzeugen, so folgt daraus noch nicht, dass die Natur denselben Weg bei der Bildung dieser Substanz eingeschlagen habe und erst Beobachtungen in der Natur, also geologische Untersuchungen müssen zeigen, ob diess möglich oder wirklich der Fall war ...“ (BOUÉ, 1851, S. 34).

Dies gilt nicht nur für chemische, sondern sinngemäß für jedes erdwissenschaftliche Experiment, weil damit nur ein möglicher der sehr verschiedenartigen Wege der Natur nachgewiesen wurde.

Erst nachdem sich die Mineralogie methodisch gefestigt hatte, konnte sich die Geologie als eigenständige Wissenschaft wirklich entwickeln. Ohne Mineralogie, erkennt MAOHS, kann

„... keine gründliche Geognosie bestehen ...“ (FUCHS et al., 1843, S. 57).

Und für COTTA (1877, S. 5) war die Mineralogie

„... der natürliche Ausgangspunkt – man könnte sagen die Mutter – der Geologie ...“.

Nichts anderes ist damit gesagt, als dass die Mineralogie, und damit auch die Konstituierung einer mineralogischen Terminologie, Nomenklatur und Systematik, eine notwendige Vorbedingung für die weitere Entwicklung der erdwissenschaftlichen Forschung war.

4. Franz von HAUER (1822–1899) – Empirisch-induktive Paläontologie und (real)historische Geologie

Philosophie wurde ursprünglich in einem viel allgemeineren Sinn als später die Metaphysik verstanden, im Sinne einer Erkenntnis, die sich durch Erklärung und Begründung als eigentliche Wissenschaft im strengen Sinn konstituiert (OESER, 1974, S. 6). Diese allgemeinere Bedeutung kommt in LAMARCKS „Philosophie zoologique“ ebenso zum Ausdruck wie in LINNÉs „Philosophia botanica“. Ebenso deuten Schriften wie BLUMS „Lithurgik oder Mineralien und Felsarten“ (1840) und noch deutlicher die 1851 erschienene „Religion of Geology“ des angesehenen amerikanischen Geologen EDWARD HITCHCOCK darauf hin, dass die Erdwissenschaften lange Zeit als Teil der Theologie verstanden wurden, obwohl „geologia“ ursprünglich von Bischof RICHARD DE BURY verwendet wurde, um zur „theologia“, dem Wissen von den göttlichen Dingen als alleiniger wirklicher Wissenschaft, einen Gegenbegriff zu schaffen (HÖLDER, 1985, S. 320).

Basis dieser Verknüpfung mit der Theologie war die Ansicht, es könne

„... kein vernünftiger Mensch bezweifeln, dass alle Naturerscheinungen ihren Ursprung Gott verdanken ...“ (BUCKLAND, 1839, S. 9).

Vor allem die Wissenschaftshistoriker der DDR versuchten, aus ihrem marxistischen Verständnis von Wissenschaftsgeschichte heraus, zu belegen, dass erst nach dem

„... Sieg des Materialismus ... im Gefecht, das auf geologischem Gebiet zwischen rationell-empirischer Naturforschung und spekulativ-theologischer Dogmatik ausgetragen wurde ...“ (HERNECK, 1964, S. 69),

oder wie es GUNTAU (1984, S. 32) formuliert, nach der

„... Emanzipation der geologischen Erkenntnis von religiösen Dogmen ...“

Geologie als Wissenschaft überhaupt möglich war. Ganz so, wie es hier ideologisch verbrämt dargestellt wird, verhält es sich in Wirklichkeit freilich nicht. Schon 1835 meinte KARDINAL WISEMAN,

„... dass die überraschenden Entdeckungen der neueren (geologischen) Forschung keineswegs mit der mosaïschen Erzählung in Widerspruch stehen ...“ (zit. n. HAUER, 1861, S. 206)

und der Stadtpfarrer von Eßlingen, Ch. HOCHSTETTER (1836, S. 1f), verteidigte in einer „Populären Mineralogie“, die er insbesondere auch für Geistliche geschrieben wissen wollte, dass

„... auch der Stein, an den unser Fuß stößt, unserer Betrachtung werth ...“

ist,

„... denn für ihn, der in träger Ruhe durch seine Schwere an den Boden gefesselt ist und sich von unsern Füßen trennen lassen muß, ist es keine Schande, dass er nur ein Stein ist – aber für uns, die wir mehr sind und mehr seyn sollen, als ein Stein, ist es schimpflich, wenn seine Beschaffenheit uns ein Geheimnis bleibt, wenn wir nicht einmal das kennen, was uns so nahe liegt, und was so leicht kennen zu lernen ist. ...“

Zur Mitte des 19. Jahrhunderts waren die Diskussionen weitgehend abgeschlossen,

„... und wenn hier und da ein ritterlicher Dogmatiker für seine Duenna noch eine Lanze bricht, so ist und bleibt er nur ein Don Quixote, der weder die Religion noch die Naturwissenschaft seiner Zeit begriffen hat ...“ (VOGEL-SANG, 1867, S. 11).

Biblische Themen wurden jedoch weiterhin im Lichte erdwissenschaftlicher Forschung untersucht, so etwa die

„... Katastrophe von Sodom und Gomorrha ...“

durch DIENER (1897). Und es darf nicht übersehen werden, dass auch CHARLES LYELL den frühesten Zustand der Erde als durch einen unerforschlichen Akt der Schöpfung gegeben ansah. Ein wissenschaftsgeschichtliches Faktum ist es aber, dass sowohl die Neptunismus-Plutonismus-Kontroverse wie die spätere Auseinandersetzung um Kataklysmen und Aktualismus im Spannungsfeld zwischen Geologie und Theologie stattfanden.

Abraham Gottlob WERNER wollte, ganz der idealistischen Naturphilosophie seiner Zeit entsprechend, eine Universalhypothese schaffen, die alle geologischen Bildungen durch ein einziges genetisches Prinzip erklärt. Darin spiegelt sich nicht zuletzt das ideelle Urprinzip GOETHES, mit dem er eng befreundet war, wieder (vgl. SCHNEIDERHÖHN, 1948, S. 5f). MASON (1991, S. 473) sieht in WERNERS geologischen Anschauungen eine ausführlichere Fassung der Überschwemmungstheorie von JOHN WOODWARD (1665–1728), eines Professors am Gresham College in London, der den Einfluß der biblischen Sintflut auf die

Gesteinsbildung in den Mittelpunkt seines Lehrgebäudes stellte. Meist wird der Neptunismus aber bis zu den alten Ägyptern und den alljährlichen Neuablagerungen des Nilschlammes zurückgeführt, wodurch auch die mosaische Schöpfungsgeschichte geprägt worden sei (vgl. BLUM, 1850, S. 143f). Der Anschauung, alles sei aus Wasser entstanden, die etwa von THALES von Milet vertreten wurde, stand der Eindruck der von Vulkanen geprägten griechischen Lehre des Feuers, etwa von HERAKLIT aus Ephesos, gegenüber. Wenn WAGENBRETH (1967, S. 366) meint,

„... vom vorliegenden Beobachtungsmaterial aus betrachtet, stand damals Hypothese gegen Hypothese ...“,

so muß dem entgegengehalten werden, dass der methodische Fehler der Lehre WERNERS in seinen mangelhaften Beobachtungen lag. Sie beschränkten sich im wesentlichen auf Sachsen und Böhmen.

„Er hat ...“,

schreibt LYELL (1842, S. 106),

„... bloß einen kleinen Theil von Deutschland untersucht und sich einen Begriff von dessen geologischer Constitution gemacht, und wollte nun Andere überzeugen, dass die ganze Oberfläche unseres Planeten und alle Gebirgsketten der Welt nach dem Modelle seines Vaterlandes gemacht worden seyen. ...“

So hat er die Nachrichten über die im Jahre 1707 erfolgte Bildung der Insel Nea-Kammeni bei Santorin beharrlich ignoriert (HAUER, 1861, S. 208). LYELLS Urteil (1842, S. 128) über WERNER fällt denn auch besonders hart aus. Seine

„... Erdichtungen hatte der sächsische Professor mit geringen Abänderungen und ohne irgend eine Verbesserung von seinen Vorgängern entlehnt. Sie hatten nicht den geringsten Grund, weder in der Schrift, noch in dem gesunden Menschenverstande ...“.

Wenn diese Lehre dennoch eine so weite Verbreitung fand, so lag es an der begnadeten Rhetorik WERNERS, denn

„... die wahren Principien der Geologie blieben nebelhafte Bilder, anstatt wie das Licht der Sonne durch das Prisma der Vernunft richtig anatomirt und formulirt zu werden. Auf diese Weise wurden die allgemeinen einfachen Gesetze der Natur in der Geologie nicht gefunden oder erkannt ...“.

Diese Worte stammen von jenem Forscher, der HUTTONS Plutonismus auch im deutschsprachigen Raum zum Durchbruch verhalf, Ami BOUÉ (1851b, S. 12). Er nahm an einer Exkursion teil, die der Geologe MACCULLOCH zur Erkundung seiner schottischen Heimat organisiert hatte, und

„... obgleich in der Wernerschen Schule erzogen, verschloß er doch sein Ohr den Plutonisten nicht ...“ (BOUÉ, 1851, S. 28).

Ein Kriterium für die Unterscheidung des Urgebirges vom Flötzgebirge war, auch schon in der WERNERSchen Lehre, das Vorhandensein von Versteinerungen. Die Verbreitung der Idee einer „vis plastica“ wird zumeist AVICENNA zugeschrieben (BERINGER, 1954, S. 15). Und obwohl es seit dem Altertum immer wieder Denker gab, die einen Zusammenhang mit organischen Lebewesen annahmen, etwa XENOPHANES, der Abdrücke in den Steinbrüchen von Syrakus als Meerestiere deutete, der Neukonfuzianer CHU HSI, FRACASTORO anlässlich des Baus der Zitadelle St. Felice in Verona (1517), der Pariser Töpfer Bernhard PALISSY und schließlich Robert HOOKE in seinen „Lectures on Earthquakes“ (1688), vertrat Carl von RAUMER noch 1819

mit seiner Vorstellung von verunglückten Probeschöpfungen nichts anderes als eine Variation eben dieser „vis plastica“ (SCHINDEWOLF, 1948, S. 68). Um zu erkennen, welche Bedeutung einem richtigen Verständnis der Fossilien zukommt, muß man sich vor Augen halten, dass sich in ihnen Erdgeschichte und Lebensgeschichte vereinen. Damit wird auch deutlich, dass LYELLS aktualistische Geologie und DARWINS Deszendenztheorie einander bedingen und ergänzen, weil nur so eine vernünftige Interpretation der Petrefakten möglich wurde.

Charles LYELL (1842, S. 1f) leitet daher seine „Principles of Geology“ auch folgerichtig mit einer genauen Darstellung der Entwicklungsgeschichte der Kataklysmentheorie ein, deren Ursprünge in der orientalischen und ägyptischen Kosmogonie zu finden sind. (Zu Diluvialhypothese und Kataklysmentheorie vgl. MAURER, 1995). Von den Ägyptern übernahm PYTHAGORAS seine

„... Doctrin von der successiven Verschlechterung des Menschengeschlechts von einem anfänglichen Zustande der Tugend und Glückseligkeit ...“ (LYELL, 1842, S. 21).

George CUVIER, der heftigste Verteidiger der Katastrophen, war ein erklärter Anhänger des Neptunismus. Und ähnlich wie WERNER seine wenigen Beobachtungen im Sächsischen Erzgebirge, verallgemeinerte auch er seine fast ausschließlich im Pariser Becken gemachten Erfahrungen in metaphysischer Weise (HERNECK, 1964, S. 66). Da das einheitliche neptunistische Urmeer als Erklärung nicht mehr ausreichte, sah er sich gezwungen, zahlreiche Überschwemmungen in seine Theorie einzuführen. Je mehr empirische Erkenntnisse man gewann, umso mehr Zusatzhypothesen wurden notwendig, um die Dogmen vor den Tatsachen zu retten. D'ORBIGNY hat

„... lieber zweimal dieselben Formen in zwei verschiedenen Zeitperioden sich bilden lassen, als sie beide von denselben Eltern herzuleiten ...“ (BOUÉ, 1851b, S. 21)

und dennoch war er gezwungen, die Unhaltbarkeit der Ansicht, dass keine Art sich in zwei Formationen finden könne, bereits einzugestehen (HAUER, 1852, S. 633). BUCKLAND schließlich mußte eine präadamitische Periode von mehreren Millionen Jahren annehmen, was letztlich dem Eingeständnis einer Unhaltbarkeit der Kataklysmentheorie gleichkommt. Wenn dennoch die Lehre von der wiederholten Erschaffung neuer Bevölkerungen durch Schöpfungsakte in den Jahren 1849–1859 noch allenthalben herrschte, wie das Eduard SUESS (1885, S. 10) in seinem großartigen „Antlitz der Erde“, das übrigens vielfach in seiner Bedeutung mit DARWINS „Entstehung der Arten“ verglichen wurde, berichtet, so ist dies nur durch die Autorität CUVIERS zu erklären, weshalb

„... Alles, was aus seiner Feder floss, Beifall finden musste. Er liess sich verleiten als Einleitung zu seinem Werke eine Erdtheorie zu schreiben, die genau betrachtet, doch nur den Stand der Wissenschaft während seiner Universitäts-Studien abspiegelt. Diese Theorie wurde gekauft, gelesen, wiedergedruckt und wanderte zuletzt in alle Elementarbücher. Vom Jahre 1812 bis 1847 erschien dieses Werk in acht französischen, fünf englischen, zwei italienischen, und zwei amerikanischen Auflagen, ohne die Brüssler und Hildburghäuser Nachdrucke in Rechnung zu ziehen ...“ (BOUÉ, 1851, S. 36).

Die Stetigkeitstheorie, wie sie von Zeitgenossen auch genannt wurde, führte

„... im Gegensatz zu früher verbreiteten Anschauungen, den Bildungsprozess der Erdrinde auf noch gegen-

wärtig thätige und in ihren Wirkungen zu beobachtende Kräfte ...“

zurück (HAUER, 1875b, S. 63).

„Charles Lyell hat ...“,

so SUESS (1885, S. 25),

„... wie Niemand vor ihm, gezeigt, auf welche Weise in der Natur durch kleine Kräfte grosse Wirkungen erzielt werden ...“,

deshalb fand sie auch bald uneingeschränkte Anerkennung.

„So gewiss es ist, dass die Erde um die Sonne kreist und nicht umgekehrt, wie man vor Copernicus und Galilei angenommen hat, so gewiss ist es auch, dass seit der ersten Consolidierung der festen Erdrinde die wir bewohnen, und seit dem ersten Auftreten organischer Wesen auf derselben, bis zur Schöpfung des Menschengeschlechtes Zeiträume verstrichen sind, denen gegenüber die Dauer der ganzen historischen Zeit zu einer verschwindend kleinen wird ...“ (HAUER, 1861, S. 204).

LYELL (1842, S. 98) sieht übrigens in FÜCHSEL seinen Vorläufer, in dessen Schriften

„... sehen wir das Bestreben, die geologischen Erscheinungen, so weit es thunlich ist, durch noch jetzt wirkende Ursachen zu erklären ...“.

KOLLENBERG (1886, S. 418) gelangte zur Ansicht, LYELL selbst habe wesentlich zum Erstarken des Katastrophismus beigetragen, indem er LAMARCK

„... unsachlich, aber vernichtend kritisierte ...“.

Wie entscheidend jedoch die „Principles of Geology“ DARWIN beeinflussten und ihm den Weg zu seiner Deszendenztheorie ebneten, wurde von OESER (1974, S. 70f) dargelegt. Auch wenn LYELL dem methodischen Begründungsversuch LAMARCKs nicht zu folgen vermochte, erkannte er DARWINS induktiv-empirisch begründete Evolutionstheorie als einer der Ersten an, ergab sich doch der Gedanke einer Umwandlung der Arten aus einer konsequenten Übertragung und Anwendung der aktualistischen Theorie auf die Biologie.

„Die Entstehung der Arten“ wirkte sich bis in die Gegenwart nicht nur in metaphysischen Überlegungen, etwa über die Analogie der natürlichen Selektion zur Morphologie fließender Gewässer (LEOPOLD, 1994), sondern in vielfältiger Weise unmittelbar und direkt auf die erdwissenschaftliche Forschung aus. BOUÉ (1880, S. 151) nennt sie

„... die grösste Umwälzung in unserer bisherigen Kenntniss der *Lethea geologica* ...“.

Wie Eduard SUESS zur Lehre DARWINS stand ist, nach TIETZE (1916, S. 353), nicht eindeutig überliefert. Er beruft sich auf Äußerungen von FUCHS, wonach SUESS der neuen Theorie zumindest kritisch, wenn nicht ablehnend gegenüberstand. Das kann sich allerdings nur auf die Erklärungsmechanismen als solche bezogen haben. Denn zur Frage Deszendenz oder Kataklysmen hat sich SUESS (1860, S. 152) im Zuge seiner umfangreichen Forschungen über die Brachiopoden eindeutig geäußert, denn

„... Untersuchungen über Tiergeographie haben gelehrt, wie zum Erlöschen von Arten oder selbst von ganzen Faunen die Allgemeinheit einer solchen Katastrophe keineswegs nöthig sei ...“

und an einer anderen Stelle des selben Textes heißt es (S. 195), dass

„... der Gedanke an eine wiederholte Erschaffung derselben Arten sich kaum wird auf weitere Beobachtungen stützen können ...“.

Die Niveauveränderungen ausgedehnter Landstriche, die die organische Welt in hohem Grade beeinflussen, entsprechen durchaus den Vorstellungen vom Kampf ums Dasein. Und in seiner am 13. Juli 1901 im Geologischen Hörsaal der Wiener Universität gehaltenen Abschiedsvorlesung verglich er DARWINS Leistung, dessen Grundgedanken unzweifelhaft richtig gewesen seien, mit jenen von COPERNICUS und GALILEI.

„... Er ist nicht der erste gewesen, der die Einheit alles Lebens begriff und aussprach, dass er aber im Stande war, strengere Beweise zu bringen und die Wendung der Geister zu erzielen, bildet seinen unsterblichen Ruhm ...“ (SUESS, 1902, S. 1f).

Widerstände kamen teilweise von mehr paläontologisch ausgerichteten Geologen.

„... Erschlage sie, wenn du kannst, zweimal, nämlich die klassische hauptsächlich mit Darwins und Haeckels Namen verbundene Abstammungslehre ...“,

schreibt DIETRICH (1943, S. 73) in einer kritischen Stellungnahme zu dem 1942 erschienenen Buch „Typologische Betrachtungsweise und Paläontologie“ über KUHN. Und STEINMANN (1908, S. 16) sieht die Paläontologie, aber auch die Geologie zu einem

„... Vasall der darwinistisch-häckelistischen Entwicklungslehre ...“

herabgesetzt. Das wichtigste Argument dabei blieb aber immer die Unvollständigkeit der paläontologisch bereitgestellten Bausteine für die Abstammungslehre. Daß dies der nächstliegende Einwand gegen seine Theorie sei, hat freilich auch DARWIN (1876, S. 523) selbst gar nicht geleugnet. Zu den gewichtigsten Einwänden gehörten,

„... auch der eifrigste Anhänger der Darwinschen Lehre ...“

wird das zugeben, jene die der französische Paläontologe BARRANDE, gestützt auf seine Forschungen im böhmischen Silurbecken, vorbrachte (HAUER, 1883, S. 225). Sie fanden ihren Höhepunkt in einer Auseinandersetzung, in der sich die Vielfalt der Problematik paläontologischer und historisch-geologischer Erkenntnisfindung zeigt, Induktion versus Deduktion, Kataklysmen gegen Deszendenz und nicht zuletzt Autorität gegen jungen Forschergeist, und deshalb dürfte auch kaum je

„... das Für und Wider mit einem solchen Aufwand von Scharfsinn, Beharrlichkeit und polemischem Geschick vertreten worden sein ...“ (KATZER, 1888, S. 19),

wie bei dieser Kontroverse, die als „Colonien-Streit“ in die Geschichte der erdwissenschaftlichen Forschung eingegangen ist.

Im „Colonien-Streit“ standen sich BARRANDE, unterstützt von den anerkanntesten Geologen der damaligen Zeit einerseits, und vor allem jüngere, kartierende Mitarbeiter der Geologischen Reichsanstalt andererseits gegenüber. Am Anfang steht die im Sinne einer empirischen Wissenschaft geradezu mustergültige Beobachtung und Beschreibung der Fossilien, insbesondere der Graptolithen, des böhmischen Silurs. Joachim BARRANDE, der mit den Bourbonen nach Prag gekommen war und fortan mit den österreichischen Geologen in vielfältigem Meinungsaustausch stand (vgl. KÜPPER, 1988, S. 127f), widmete dieser Aufgabe beinahe sein ganzes Leben, weshalb das Becken damals

„ ... zu den in geologischer und namentlich paläontologischer Beziehung am genauesten untersuchten Gebieten der Erde ... “

zählte (HAUER, 1875, S. 206). Seine Ergebnisse, die in einer systematischen Gliederung mündeten, legte er in einem zu dieser Zeit hinsichtlich seines Umfangs einmaligen Werk vor, dem

„ ... Systeme silurien du centre de la Boheme ... “,

das er selbst nicht mehr zum Abschluß bringen konnte, für dessen Vollendung er aber finanzielle Vorsorge getroffen hatte.

„ ... in Bezug auf die Frage, welche in der Neuzeit die naturhistorische Forschung am meisten beherrscht, war Barrande ein starrer Bekenner des alten Dogma von der Konstanz der Arten ... “ (HAUER, 1883, S. 224).

Das kommt schon darin deutlich zum Ausdruck, dass er etwa ausdrücklich von „Trilobiten-Schöpfungen“ (BARRANDE, 1852, S. 257f) spricht.

Gegründet auf die vieljährigen Beobachtungen, insbesondere paläontologischer Tatsachen, unterteilte er das böhmische Silur in eine untersilurische Abteilung mit den Etagen A (petrefaktenleere kristallinische Schiefer), B (petrefaktenleere Schiefer und Konglomerate), C (Schiefer mit der Primordialfauna), D (Quarzit mit der zweiten Silurfauna) und eine Obersilurische Abteilung mit der dritten Fauna, unterteilt in die Etagen E, F, G (unterer, mittlerer und oberer Kalk) und H (oberster Schiefer).

Zu den interessantesten Ergebnissen gehörten jene über die Primordialfauna, also die organischen Tiere, von denen man annahm, dass sie die ältesten und damit die ersten Lebewesen der Erde seien. Sie bestand aus

„ ... einer überraschend grossen Zahl hoch organisirter Lebewesen ... “ (HAUER, 1875, S. 202f).

Von 366 verschiedenen Tierarten entfiel die große Mehrzahl, nämlich 252, auf Trilobiten, 55 waren Brachiopoden. Der Rest waren Gastropoden, Bryozoen und andere Arten. Von den nachfolgenden Faunen unterschied sie sich vor allem durch das Fehlen von Cephalopoden, Acephalen und Korallen. Diese Tatsachen wurden

„ ... für die Gegner der Darwinschen Theorie zu einer Waffe ... “,

denn sie widersprachen in mehrfacher Hinsicht der Abstammungslehre,

„ ... namentlich das gleichzeitige Auftreten so zahlreicher Arten einer Thierfamilie wie die Trilobiten, dann das Fehlen aller Spuren von Geschöpfen, welche, wie die Cephalopoden, unmittelbar in der nächst höheren Schichtengruppe in noch weit grösserer Zahl und Mannigfaltigkeit vertreten sind ... “.

Und nicht zuletzt wären als älteste Lebensformen einfachste, nur aus Zellen bestehende, Organismen zu erwarten. Rückblickend, mit der Kenntnis schon hoch entwickelter Tierstämme im Kambrium und der Notwendigkeit, deren Ursprung bereits im Präkambrium zu suchen, stellen sich diese Einwände genau als jene Lücken heraus, die von den Verteidigern der Abstammungslehre immer angenommen, von ihren Gegnern jedoch als „Phrasen“ abgetan wurden.

Die Quarzit-Etage D besteht aus einer Wechsellagerung von Quarziten, Sandsteinen und Konglomeraten mit Diabasgängen und Tuffen. Ihre Fauna charakterisiert BARRANDE als gekennzeichnet durch das Gattungsmaximum der Trilobiten, deren wichtigstes Merkmal das

„ ... Vorhandensein von zwei Längsfurchen, welche über den ganzen Körper weglaufend denselben in drei Längssegmente teilen ... “

ist (HAUER, 1875, S. 196), das Vorherrschen von Orthis unter den Brachiopoden und das erstmalige Auftreten von Cephalopoden. Die gesamte Etage ist in fünf Unteretagen gegliedert, welche mit d1, d2, d3, d4 und d5 bezeichnet werden.

Im Jänner 1851 (S. 150f) berichtete BARRANDE der Societe geologique de France erstmals über jene seltsamen Tierkolonien, die er selbst als „anachronisch“ bezeichnete. Es handelt sich dabei um das Auftreten der dritten Silur-Fauna (Etage E) in der zweiten (Etage D), und zwar gleichförmig in Streichen und Fallen wie die Quarzit-Etage. Mit der Übertragung seiner direkten Beobachtungsergebnisse auf vergangene Ereignisse in Form einer Hypothese verläßt er seine bis dahin streng empirisch-beobachtende Vorgangsweise und stellt sich in deutlichen Gegensatz zu den herrschenden Vorstellungen der Katastrophentheorie, weshalb er nicht vorbehaltlos als ein den Dogmen CUVIERS aus ganzem Herzen zustimmender Forscher, wie das KRIZ & POJETA (1974, S. 490f) tun, bezeichnet werden kann, ebensowenig wie man ihm ein nicht ausreichendes Verständnis der Fazien vorwerfen kann, denn seine Vorstellung, Organismen seien unter günstigen Bedingungen aus einer fremden Gegend eingewandert, hat sich, wenn auch nicht in dem konkreten Fall, so doch als allgemeiner Erklärungsmechanismus bewahrheitet. Er legt damit die zweite von drei überhaupt möglichen Erklärungen über die Verbreitung der Pflanzen- und Tierwelt vor, denn entweder ist ein Organismus

„ ... überall, wo er sich befindet erschaffen, oder er ist von einem Punkte aus nach allen andern hingewandert, oder sein Wohngebiet, das einst zusammenhing, ist durch Verschiebungen im Verhältnis von Wasser und Land oder klimatische Änderungen in verschiedene Teile zerlegt worden. Die Neuschöpfung derselben Art, auch nur in den entferntesten Gebieten, ist nun niemals bewiesen worden, während es allerdings in der Natur der Dinge liegt, dass auch ihre Unmöglichkeit nicht bewiesen werden kann ... “ (RATZEL, 1907, S. 19).

Seine Erklärung verlangt, wie BARRANDE (1852b, S. 306) selbst erkennt, einen neuen geologischen Mechanismus, denn

„ ... zunächst würde sie die gleichzeitige Existenz wenigstens eines Theiles der zwei Faunen voraussetzen, welche wir sonst nach ihrer Vertheilung in den aufeinander liegenden Schichten wenigstens in Böhmen als nacheinanderfolgend anzusehen veranlasst sind. Dieses gleichzeitige Bestehen, welches nach der Lagerung der Koloni'n 1200 m tief im Grunde meines Stockes D doch ziemlich lange gewährt haben muss, würde dann freilich eine Störung in alle systematischen Auffassungen bringen, welche auf der Hypothese eines plötzlichen und allgemeinen Erlöschens einer jeden irgend eine Schichten-Abtheilung charakterisirenden Fauna beruhen. ... “

Deshalb hat sich auch D'ORBIGNY gegen diese Erklärung ausgesprochen, denn das Auftreten

„ ... einer neuen Fauna in einer bestimmten Gegend durch Immigration und nicht durch Neuschöpfung harmonirt ja ganz und gar mit den Voraussetzungen der Descendenz-Theorie ... “ (HAUER, 1875, S. 209).

Obwohl schon bald erste Zweifel erhoben wurden, sprach sich MURCHISON, neben BARRANDE die Autorität in

Silurfragen, ebenso dafür aus, wie BRONN, der in einer gekrönten Preisschrift bereits analoge Fälle aufzählt, oder, nachdem er in Prag die Sammlungen besucht hatte, LYELL (vgl. LIPOLD, 1862, S. 9f). 1859 verfolgt KREJCI, ausgestattet mit dem Wissen über die Schichtenstörungen und Faltungen in den Alpen und Karpaten, bei seiner Geländeaufnahme das Streichen der Schichten und ist

„... namentlich in Bezug auf den so wichtigen Begriff der Barrandschen Colonien in den Localitäten von Motol und dem Beranekwirthshaus, wo Schichten mit Petrefacten der Etage E in Schichten der Etage D eingelagert sind, so wie in der von Gross-Kuchel zu der Annahme gelangt, dass diese Anomalien durch wirkliche Dislocationen erklärt werden können ...“ (KREJCI, 1859, S. 112).

BARRANDE antwortet auf diesen Analogieschluß mit größter Heftigkeit.

„... Eifersüchtig bewachte er sein Forschungsgebiet, und wehe dem unerfahrenen Anfänger, der etwas unreife Arbeiten über dasselbe in die Oeffentlichkeit brachte, oder dem Andersdenkenden, der mit einer oder der anderen seiner Anschauungen in Widerspruch gerieth. Wie auf dem Secirtisch wurden derartige Schriften bis in die letzten Fasern zergliedert und jede Schwäche derselben aufgedeckt ...“ (HAUER, 1883, S. 224).

Das galt natürlich erst recht für eine Frage, die er selbst für

„... eine der bedeutendsten, welche in der geologischen Wissenschaft überhaupt zur Sprache gebracht werden kann ...“ (BARRANDE, 1859, S. 479)

hielt.

„Nein ...“,

schreibt er denn auch,

„... die Kolonie'n sind keine durch Schichten-Störung veranlasste Täuschungen, und meine darüber gewonnene Überzeugung ist nicht das Ergebniss einiger wenige Wochen lang auf diesem Gebirge fortgesetzten Ausflüge, sondern langer Forschungen ...“ (BARRANDE, 1860, S. 63).

Eduard SUESS (1860, S. 155 u. 195) sah in BARRANDES Theorie eine gute Übereinstimmung mit

„... den neueren Erfahrungen über die geographische Verbreitung der Seethiere ...“

und den von ihm vermuteten

„... Niveauveränderungen ausgedehnter Landstriche ...“.

Angesichts der Bedeutung der Frage ließ er sich von KREJCI zu dem betreffenden Aufschluß nahe dem Dorf Hluboc am linken Moldau-Ufer führen und

„... sah ein, dass eine sehr genaue Kenntniss der Schichtenstellungen und namentlich ihres Streichens wohl dazu führen könne, hier eine Zwischenlagerung mit voller Bestimmtheit zu erkennen, dass jedoch ein so kurzer Besuch... nicht berechnete, hier aus den Lagerungs-Verhältnissen ein sicheres Urtheil zu bilden ...“ (SUESS, 1859, S. 481).

Für die Richtigkeit von BARRANDES Anschauungen sprachen jedoch nicht nur analoge Beispiele, die inzwischen in den Alpen gefunden worden waren, sondern vor allem der

„... Nachweis, dass man es an einer Stelle, nämlich an der Bruska, sicher mit einer ursprünglichen Einlagerung, einer Colonie, und nicht mit einer Schichtenstörung zu thun habe ...“,

dadurch ist

„... wohl die Frage auch für die anderen Punkte gelöst ...“ (SUESS, 1859, S. 483).

An dieser Stelle ist zu erwähnen, dass SUESS nur wenige Jahre zuvor von BARRANDE heftig kritisiert worden war. Obwohl dieser betont, dass er ihn

„... für einen zu ehrenhaften jungen Mann halte ...“, als dass es ihn in den Sinn kommen könnte,

„... den geringsten Verdacht gegen seine Wahrhaftigkeit zu hegen ...“ (BARRANDE, 1852c, S. 141),

richtet er heftige Angriffe gegen dessen erste größere Schrift „Ueber böhmische Graptolithen“, die im vierten Band der Naturwissenschaftlichen Abhandlungen abgedruckt war. Immerhin macht er dessen

„... Enthusiasmus für die Wissenschaft ...“

verantwortlich für die methodischen Fehler, die er ihm anlastet, und die, wenn sie Verbreitung fänden

„... bald einen gänzlichen Umsturz der Wissenschaft zur Folge ...“

hätte,

„... indem sie eine heillose Verwirrung zwischen sämtlichen Arten hervorrufen würde ...“ (BARRANDE, 1852c, S. 140 u. 145).

Angesichts der Wichtigkeit, die die Colonien-Frage für die Weiterentwicklung der Geologie in sich barg, beauftragte Direktor HAIDINGER den Chefgeologen LIPOLD (1862, S. 2)

„... alle Verhältnisse so genau zu untersuchen und hinlängliche Aufsammlungen von Fossilresten einzuleiten, um zu einem sicheren Schlusse zu gelangen, so dass kein Zweifel übrig bleibt ...“

und somit eine Entscheidung zugunsten der einen oder der anderen Theorie fällt. Trotz der Kritik, die NOWAK (1914, S. 243) anlässlich einer Neubearbeitung des mittelböhmisches Silurs an der Vorgangsweise LIPOLDS geübt hat, stellt diese doch ein mustergültiges Beispiel für einen geowissenschaftlichen Theorienvergleich dar.

Er fasst zunächst die BARRANDESche Vorstellung zusammen, die ausgehend von zwei Beobachtungstatsachen, nämlich der Einlagerung von Grünsteinen, Graptolithenschiefen und Kalksphäroiden in den Schichten glimmerreicher Schiefer, sowie der Zugehörigkeit der Fossilien dieser Einlagerung zur dritten Fauna, annimmt, dass am Meeresgrund glimmerreiche Schiefer abgesetzt wurden und bei einer mehrmaligen, da die Colonien über drei Horizonte, die Zahoraner, Königshofer und Kossower Schichten verteilt sind, von Absenkungen unterbrochenen Hebung, Organismen der dritten Fauna von einem außerhalb des böhmischen Silurbeckens gelegenen Verbreitungsgebiet eingewandert seien (LIPOLD, 1862, S. 8). Nunmehr beschreibt er ausführlichst seine feldgeologischen Untersuchungen der einzelnen Aufschlüsse, um in weiterer Folge die Ergebnisse dieser Beobachtungen auf die beiden Theorien anzuwenden. In diesem Theorienvergleich erweist sich jene BARRANDES als die schwächere, weil sie eine regelmäßige und konkordante Einlagerung der Colonien zugrundelegt, LIPOLD jedoch im Gelände nachweisen konnte, dass es sich um eine gestörte Lagerung handelt.

„... Ist aber die Basis zerstört, so muß auch das ganze darauf ruhende Gebäude schwanken, das heißt, sind die Voraussetzungen irrig, welche Herr Barrande seiner Theorie unterlegte, so können auch die daraus gezogenen Folgerungen auf eine Wahrscheinlichkeit keinen Anspruch machen ...“ (LIPOLD, 1862, S. 44).

Er kommt (1862, S. 40) zu einer Erklärung durch Dislokationen, indem er die Litteren Schichten durch Hebungen, Faltungen und Überschiebungen in die tieferen Schichten sich einkeilen läßt.

Doch BARRANDE verteidigt seine Auffassung mit außerordentlicher Zähigkeit durch umfangreiche Schriften, die „Defense des Colonies“. Einerseits zweifelt er in polemischer Weise die Genauigkeit

„... eines, die Markscheidekunst anwendenden Berg-rathes und eines stratigraphisch verfahrenen Chef-Geologen ...“

an (BARRANDE, 1862, S. 210), andererseits führt er eine Beweisgruppe (groupe probatoire) ein, die auch die Colonie „Haidinger“ und die Colonie „Krejci“ umfasst (BARRANDE, 1862, S. 211), die erstgenannter der beiden auf diese zweifelhafte Weise Geehrten als „Spott- und Straf-Colonien“ zurückweist (BARRANDE, 1862, S. 221).

Es ist Eduard SUESS (1862, S. 153), der mit aller Klarheit die ausufernden Beiträge zu den verschiedenen Standpunkten auf die eigentlich zu lösende Aufgabe zurückführt.

„... Der wahre, innerste Kern dieser Streitfrage liegt nach meiner Meinung nicht darin, ob längs der Beraun die Graptolithenschiefer und die Grünsteine den untersilurischen Schiefern concordant eingelagert oder eingekeilt seien. Er lautet vielmehr: Haben Wesen der dritten (ober-silurischen) Fauna bereits existirt, bevor die zweite (untersilurische) Bevölkerung vernichtet war? Nur in dieser Gestalt erlangt die Frage eine allgemeine Bedeutung für den Paläontologen und berechtigt sie zu jener Theilnahme, mit welcher man an so manchen Orten diesen Erörterungen folgt und solange folgen wird, als wir uns bemühen werden, dieselben in ruhiger und würdiger Sprache zu führen. Nur in dieser Gestalt nimmt sie Bezug auf die allgemeinen Entwicklungsgesetze des Thierreiches und tritt sie an die bescheidenen Vermuthungen heran, welche ich selbst über silurische Lebensverhältnisse zu äussern gewagt habe ...“.

Dies ist aber nur an einem einzigen Punkt der Fall, nämlich der zu Ehren ihres Entdeckers ZIPPE, der bei einem Straßenbau in den Jahren 1831/32 darauf aufmerksam wurde, benannten Colonie „Zippe“, an der Bruska innerhalb der Stadtmauern Prags gelegen. KREJCI (1862, S. 250) beschreibt in seinem Aufnahmebericht die Lage des Fundpunktes folgendermaßen:

„... Durch den felsigen Rand des Belvederes ist ein uralter Hohlweg gesprengt, über den eine leichte hölzerne Brücke sich spannt, während am Abhange eine schöne Kunststraße sich zum Hradsiner Plateau hinaufwindet ... Unmittelbar an der Straße gegenüber der Bruska-Brücke ist der merkwürdige Fundort der zweiten und dritten Fauna ...“.

In diesem Aufschluß soll eine Mischung beiderlei Arten in derselben Schicht nachgewiesen worden sein. Eine Falsifizierung oder Verifizierung dieser empirischen Grundlage der Theorie der Colonien war jedoch nicht mehr möglich, weil diese Kalksteineinschaltung nach dem Straßenbau nicht mehr zugänglich war und zwei aufgesammelte Ki-sten voll Petrefakten verloren gingen,

„... sie sollen gelegentlich einer Uebersiedelung im J. 1848 von einem Volkshaufen entwendet und zum Barikadenbaue benützt worden sein – und nur ein etwa faust-grosses Kalksteinstück, welches Barrande von Corda erhalten hatte, blieb zufällig erhalten. Hieraus gelang es Barrande 16 Arten herauszuprepariren, von welchen 12 (4 Trilobiten, 8 Brachiopoden) für die Tiefstufe des Ober-

silurs charakteristisch, 4 Trilobiten aber typisch untersilurisch sind ...“ (KATZER, 1892, S. 886).

Auf diese Tatsachen von

„... entscheidendem Werthe ...“

begründete SUESS bereits 1859 (S. 481) seine Ansicht,

„... dass die Schilderung, welche Herr Barrande von den Colonien gibt, die richtige sei ...“.

„Die Überzeugungskraft der Barrandschen Verteidigungsschrift war so groß ...“,

meint NOWAK (1914, S. 243), dass zunächst KREJCI (1869; BARRANDE, 1869) und in der Folge auch LIPOLD (1870; BARRANDE, 1870) die Dislokationen als nicht haltbar bezeichnen. Das überrascht weniger, wenn man berücksichtigt, dass KREJCI (1862, S. 251), ebenfalls aufgrund der paläontologischen Untersuchung der Bruska-Kalksteine gar keinen Zweifel

„... über die Richtigkeit der Angaben, die Barrandes Colonientheorie zu Grunde liegen ...“

für möglich hielt, die Theorie als solche also gar nie in Frage stellte. Wirkliche Überzeugung dürfte hinter diesem Widerruf wohl kaum gestanden sein, denn anlässlich einer Neubearbeitung der Geologie des Eisengebirges kommt er zu dem Schluss, dass

„... die große Dislocationslinie, an der die offenbar in die Zone d5 eingelagerte Colonie Motol vorkommt, quer über den Lorenziberg in Prag gegen das Belvedere streicht, und die Zone der Schiefer d5 von Motol bis zum Fusse des Lorenziberges sich verfolgen lässt ...“,

womit die Vermutung naheliegt,

„... dass in der Colonie Zippe eine kleine Parthie der Schiefer d5 mit ihren Colonieeinschlüssen in irgend eine Schichtenfalte oder eine Verwerfungskluft der Grauwak-schiefer d4 eingezwängt ist, und dass demgemäß auch diese Colonie eigentlich in den Bereich der Schichtenzone d5 gehört ...“ (KREJCI & HELMHACKER, 1881, S. 67).

Wenn auch die weitere Erforschungsgeschichte den Nachweis erbrachte, dass es sich bei diesen Graptolithenschiefern um isolierte, tektonische Einschaltungen handelt, mit denen autometamorphe Basalte (die BARRANDESCHEN Diabase) assoziiert sind (vgl. z.B. CHLUPAC, 1993, S. 121), so bleiben doch für einen Punkt geringe Zweifel und solange

„... muss man auch die Möglichkeit solcher Einwanderungen gelten lassen ...“,

auch wenn es sehr unwahrscheinlich ist,

„... dass sich die Einwanderer das für ihre Existenz notwendige Medium gleich mitgebracht hätten und dass dasselbe von dem übrigen Meere scharf abgetrennt geblieben wäre ...“ (KATZER, 1892, S. 917).

Die Colonientheorie und die damit verbundenen Auseinandersetzungen bedeuten aber keineswegs ein Hemmnis für den wissenschaftlichen Fortschritt, sondern es zeigt sich, dass dieser durch die Berichtigung fälschlicher Annahmen weit mehr als durch neue Entdeckungen bewirkt wird. Sie wirkte sich im vorliegenden Fall positiv auf die Erforschung und raschere Klärung der tektonischen Verhältnisse des Barrandiums aus. Wenn auch indirekt und von BARRANDE nicht beabsichtigt, wurde ein eindeutiges Argument gegen die Annahme allumfassender Katastrophen in der Erdgeschichte und somit für einen Aktualismus gegeben, denn es folgt daraus unmittelbar, dass so sicher wie

„ ... der Botaniker und Zoologe nachweist, dass jede Pflanze und jedes Thier an gewisse Lebensbedingungen gebunden ist, dass die Eiche nicht am Grunde des Meeres gedeiht, und das durch Kiemen zum Athmen im Wasser eingerichtete Seethier nicht auf der Spitze unserer Kalkalpen leben kann, so gewiss ist es auch, dass in den Verhältnissen zwischen Festland und Meer in dem Laufe der geologischen Zeitperioden mannigfaltige Änderungen eingetreten sind ... “ (HAUER, 1861, S. 205).

Es zeigt sich aber vor allem, dass die empirischen, der erdwissenschaftlichen Forschung zugrundeliegenden Tatsachen von einem Theorienwechsel unberührt bleiben. Der Begriff der Colonie im Sinne einer Lebensvergesellschaftung von Organismen hat sich als berechtigt erwiesen und ist als solcher im paläontologischen System erhalten geblieben. Nicht zuletzt erhält die zunächst rein beschreibende, klassifikatorische Paläontologie ihre historische Dimension, die in der Biostratigraphie zur vollen Entfaltung kommt. In diesem Sinne hat die Colonientheorie, auch wenn sie sich in ihrer Gesamtheit als unhaltbar erwiesen hat, wesentlich dazu beigetragen, dass, wie PUCK (1950, S. 25) zurecht feststellt, mit BARRANDE

„ ... die Paläontologie sich sehr, sehr langsam aus ihrer Stellung einer reinen Hilfswissenschaft zu befreien ... “

begann. Erst als sich die Petrefaktenkunde

„ ... durch die Schaffung morphologischer Grundlagen zur Paläontologie wandelte und damit eine selbständige, d. h. eigene Ziele mit eigenen Methoden verfolgende Wissenschaft zu werden begann ... “,

stellte sich die Frage des gegenseitigen Verhältnisses von Paläontologie und Geologie (EHRENBERG, 1942, S. 295), die durch die Erkenntnis einer

„ ... inneren Einheit ... “ (BERINGER, 1954, S. 2)

der Erdwissenschaften gelöst werden konnte.

Es wäre jedoch einseitig, würde man BARRANDES Festhalten an der Katastrophentheorie CUVIERS, trotz seiner eigenen Beobachtungen und Erkenntnisse, auf die Mehrzahl der Paläontologen verallgemeinern. Vielmehr zeigt sich gerade bei FRANZ VON HAUER, dessen Arbeitsgebiet überwiegend paläontologisch-biostratigraphisch war, ein deutliches Beispiel für die gegenteilige Ansicht. Völlig klar und eindeutig spricht er aus, dass es keinen Zweifel geben kann, auf welcher Seite er steht.

„ ... Die Darwinsche Theorie muss in der That als der einzige bis jetzt vorliegende Versuch betrachtet werden, die tatsächlichen Erscheinungen, welche die Untersuchung der Petrefakten und der Art ihres Vorkommens uns kennen gelehrt hat, in einer von wissenschaftlicher Seite fassbaren Weise zu erklären. Mögen ihr noch so viele bis jetzt ungelöste Schwierigkeiten im Einzelnen gegenüber stehen, mögen noch so viele Detailbeobachtungen angeführt werden, welche mit ihr nicht im Einklang zu stehen scheinen, so haben doch die Gegner, möchte man glauben, sich die Konsequenzen einer Verwerfung des Grundgedankens der ganzen Theorie, das ist einer allmählichen Umwandlung der Species kaum völlig klar gemacht. Diesen Grundgedanken abweisen heisst annehmen, dass ein von wissenschaftlicher Seite überhaupt völlig unverständlicher Act, die Schaffung von Thier- und Pflanzenformen aus Nichts oder aus anorganischer Materie sich in den verschiedensten Perioden der Erdgeschichte bis zu unseren Tagen herab unzählige Male im Einzelnen wiederholt habe, es heißt uns zumuthen an die Möglichkeit zu denken, dass, was bis jetzt so oft sich wiederholte abermals

eintreten, und vielleicht schon morgen auf grünem Anger eine neue Säugethierart vor unseren Augen stehen könnte ... “ (HAUER, 1875, S. 153f).

Entsprechend dieser Grundauffassung steht für ihn auch ausser Zweifel, dass

„ ... der Mensch, wenn auch auf höchster Stufe, doch innerhalb und nicht ausserhalb der unendlichen Reihe von Lebewesen ... “

steht (HAUER, 1887, S. 87), und sich daher ebenfalls dem Kampfe ums Dasein nicht entziehen kann, der auf dem wechselnden und schwankenden Schauplatz der

„ ... Umwälzungen, Zerstörungen und Neubildungen im Reiche des Anorganischen, welche fort und fort die Gestaltung der Oberfläche, das Verhältniss der Gebirge zu den Thälern, des Festlandes zum Meere modificiren ... “,

stattfindet (HAUER, 1875, S. 154). Damit erteilt er zugleich einem einseitigen Uniformitarianismus, wie er in der Zeit nach LYELL und DARWIN vielfach verbreitet war, eine klare Absage.

HAUER erkennt sehr deutlich die Beweiskraft der Colonientheorie für eine Deszendenzlehre. Er selbst war schon in jungen Jahren mit einer vergleichbaren Fragestellung befasst, die, weniger polemisch behandelt, sich deshalb in der Literatur weniger spektakulär darstellt, aber dennoch von weitreichender Bedeutung war. In einer berühmten 1846 erschienenen Schrift beschreibt er die „Cephalopoden des Salzkammergutes“. Über diese Fossilien berichtet COTTA (1850, S. 104) in seinen Briefen, die neben ausführlichen geologischen Beschreibungen auch über schöne Wirtstöchter und Tauernüberquerungen mit Maultieren berichten und somit einen sehr lebhaften Eindruck vom Reisen in den Alpen zur damaligen Zeit geben, enthusiastisch:

„ ... aber wahrhaft mit Staunen und Bewunderung wird man erfüllt, wenn man von den freundlichen Töchtern des Bergmeisters Ranzauer auf dem Rudolphstein bei Hallstatt in dessen Museum eingeführt wird. Da blicken uns Ammoniten von zwei Fuss Durchmesser entgegen, in denen jedes kleine Spitzchen und Zäckchen der wunderbaren Lobirung deutlich erkennbar ist, Orthoceratiten, die man wegen ihrer Größe und Regelmäßigkeit für physikalische Apparate halten könnte, Goniatiten, die mit Ammoniten zu kämpfen scheinen, und Nautilen, die versöhnend dazwischen treten ... “.

Das Zusammenvorkommen von Ammoniten und Orthoceratiten war jedoch, wie TIETZE (1899, S. 730) es später ausdrückte, eine

„ ... unerhörte Regelwidrigkeit ... “.

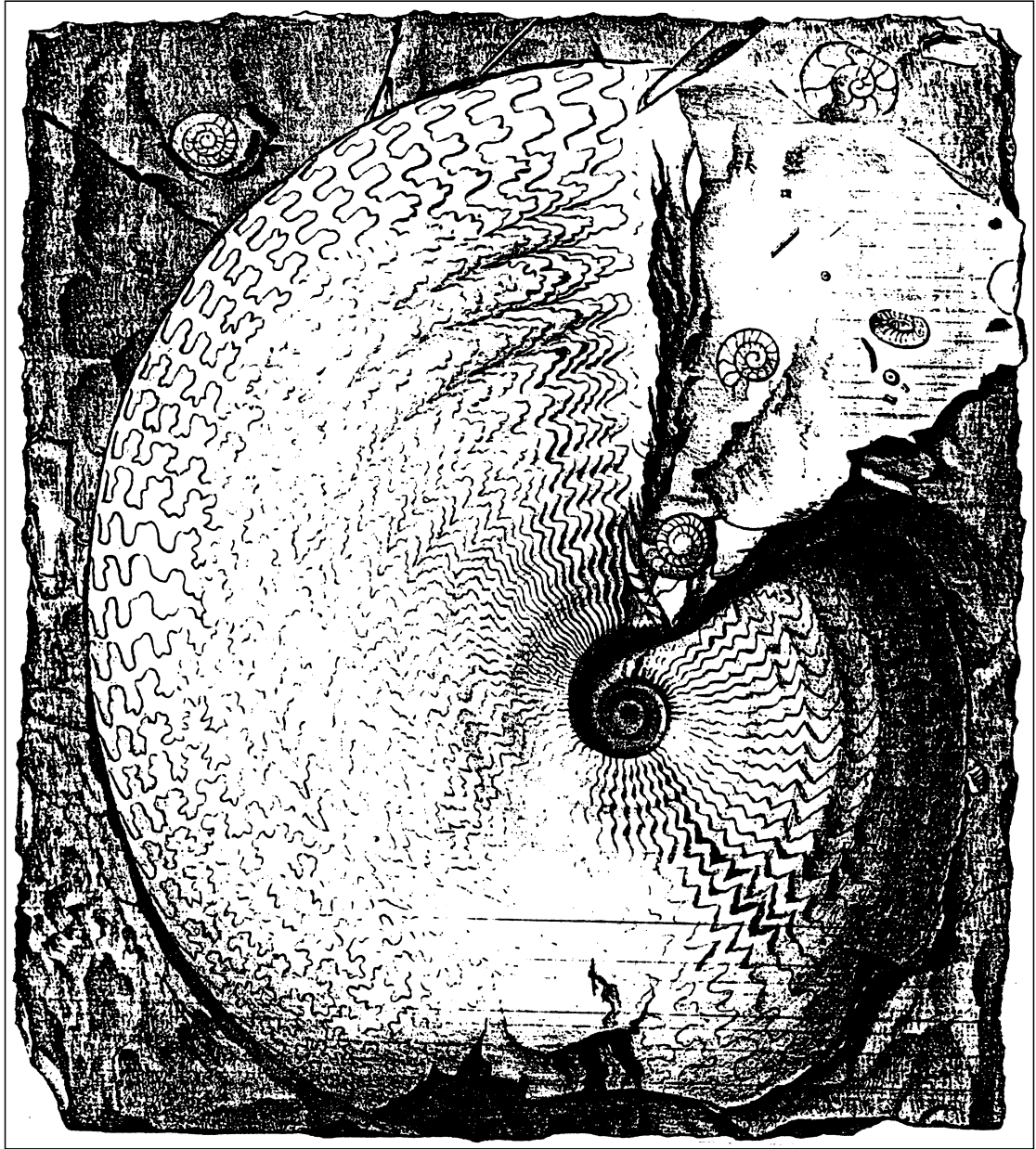
Erstere sollten nur in der Jura und Kreide, letztere nur in der Grauwacke auftreten. Es befand sich jedoch im k.k. Hof-Mineralienkabinett ein paläontologisches Schaustück aus der Gegend von Hallstatt, in welchem

„ ... zwey Versteinerungen, eines sechs Zoll langen Orthoceratiten und eines vier und einen halben Zoll im Durchmesser haltenden Ammoniten ... “

zusammen vorkamen (HAUER, 1847b, S. 1). Abb. 3 zeigt einen Ausschnitt dieser Platte aus rotem Marmor, einen *Ammonites Metternichii*. BUCH und ZIPPE glaubten bei einem Besuch in Wien 1832 eine künstliche Zusammenfügung durch Mastixkitt zu erkennen.

„ ... Man beruhigte sich um desto leichter bey dieser Ansicht, als es dadurch möglich schien, einen in der Paläontologie durch lange Zeit als Axiom betrachteten Satz auch fernerhin aufrecht zu halten ... “ (HAUER, 1847b, S. 1).

Abb. 3.
Hallstätterkalk mit
Ammonites metternichii
aus dem k.k. Hofmi-
neralienkabinett.
Aus HAUER (1846,
Fig. 1.2).



Bereits 1844 erkennt BOUÉ (S. 328) an den Ufern der Salza die grundsätzliche Möglichkeit des Zusammentreffens

„... in denselben Kalk-Schichten, ja selbst in denselben Handstücken von wirklichen Ammoniten und deutlichen Orthoceren ...“,

hält jedoch das Schaustück in Wien ebenfalls für durch roten Wachs zusammengeklebt. HAUERS Untersuchungen ergaben, dass zwar der untere Teil des Orthoceratiten infolge eines zufälligen Bruches angekittet war, der obere mit dem Ammoniten fest verbunden und daher mit diesem nur auf natürlichem Weg zusammengefügt sein konnte. Die Schlussfolgerungen aus dieser einfachen Tatsache sind weitreichend. Es bedeutet, dass das Schema der fossilen Faunen in den Alpen völlig neu durchdacht werden muss. Damit war der Weg für eine richtige Deutung des Alpenkalkes frei.

Für die neue Richtung der Paläontologie ist es bezeichnend, so SUESS,

„... nicht nur die Eigenthümlichkeiten der äusseren Gestalt zu betrachten und sich mit der Feststellung der Merkmale der einzelnen Arten zu begnügen. Man sucht bei den

verwandten Wesen der Jetztzeit die Beziehungen der weichen Organe zu den starren, im fossilen Zustande erhaltungsfähigen Theilen zu ermitteln, um auf diese Weise aus den versteinerten Ueberresten nicht nur der höheren, sondern auch vieler wirbelloser Thiere sich das ganze urweltliche Wesen so weit als möglich gleichsam zu rekonstruieren ...“ (DAVIDSON, 1856, S. III).

Damit liefert er nichts anderes, als die Charakterisierung eines klassischen abduktiven Schlusses vom unvollkommenen fossilen Rest auf den Ursprung. Eine genaue morphologische Kenntnis der organischen Vorwelt ermöglicht es, zwischen den Ablagerungen und den Fossilien jene Relation herzustellen, die die in den stratigraphischen Untersuchungen herrschende Verwirrung aufzulösen vermag, denn

„... an die genauere paläontologische Bestimmung werden sich leichter geologische Bemerkungen anknüpfen lassen, als es ohne solche Studien möglich ist ...“ (HAUER, 1846, S. 1).

Die Biostratigraphie erfordert aber neben einer selbständigen, auf genauen biologischen Kenntnissen basie-

render Paläontologie noch eine zweite notwendige Vorbedingung, eine besondere methodische Form, die Beobachtungsergebnisse auch darzustellen, die geologische Karte.

Durch die Methode der Kartierung wird die empirische Basis gewonnen, jene Tatsachen, die die Grundlage allen geologischen Wissens darstellen. Es ist bereits mehrfach betont worden, dass der Beobachtung als wissenschaftlicher Erfahrung schlechthin in den Erdwissenschaften gegenüber dem Experiment nach wie vor eine besondere Bedeutung zukommt, die sich nicht zuletzt darin niederschlägt, dass die geologische Kartierung eine für diese Wissenschaft besonders charakteristische Form der Erkenntnisgewinnung darstellt. Angestrebt wird auf der empirischen Ebene also eine möglichst genaue Beschreibung der Wirklichkeit in all ihrer Vielfalt.

„... Bei der Detailaufnahme begehrt der Geologe das ihm übergebene Gebiet, kein Seitental, kein Graben, kein Gebirgsrücken, ja fast kein Berg bleibt von ihm unbe-sucht. Auf der Aufnahmekarte wird der von ihm zurück-gelegte Weg verzeichnet. Auf diese Karte wird das Gestein eingetragen, das die Oberfläche des begangenen Gebietes bildet. Treten mehrere verschiedene Gesteine auf, so muss ihre gegenseitige Begrenzung genau verfolgt und eingetra-gen werden, ausserdem werden Fallen und Steigen der Gebirgsschichten, die vorhandenen Steinbrüche (Auf-schlüsse), Einlagerungen von Kohlen, Mineralien usw. eingezeichnet und von den verschiedenen Arten Muster-stücke gesammelt. Im geschichteten Gebirge muss der Geo-loge an den verschiedensten Stellen Fossilien aufsammeln und aus diesen gleich oder später die Einordnung der be-treffenden Gesteinsart und Schichten in der Formations-reihe bestimmen. Auf diese Art muss der Geologe bemüht sein, sich ein genaues Bild der in dem Gebiet vorkommen-den Gesteinsarten zu machen. Er muss nach diesen Unter-suchungen wissen, woraus sie bestehen, wie man sie even-tuell nützen kann und welchen Einfluss ihre Zersetzung auf das Wachstum der Pflanzen und auf die Fruchtbarkeit des Bodens ausübt. So ist der Vorgang der Aufnahme im Feld ...“ (LABURDA, 1851, S. 56).

Aus dieser aussagekräftigen Darstellung LABURDAS wird zugleich der Unterschied zwischen den Beobachtungen eines Forschers und den Wahrnehmungen eines Laien deutlich. Da es sich nicht um die subjektiven Eindrücke eines Spaziergängers handelt, sondern um die absichts-volle Feststellung von Tatsachen auf der Basis zugrunde-liegender theoretischer Ansichten, ist bereits die Wahr-nehmung, also der Vorgang der Datengewinnung selbst, was heute weitgehend unbestritten ist, als wissenschaft-liche Arbeit anzusehen. Die wissenschaftliche Beobach-tung ist keine passive Wahrnehmung, sondern eine ge-plante und methodisch normierte Tätigkeit (ENGELHARDT & ZIMMERMANN, 1982, S. 148). Damit zeigt sich zugleich aber, dass eine Wechselwirkung besteht zwischen empirischer Grundlage und wissenschaftlicher Theorie. Die Erwartung beeinflusst die kognitiven Prozesse der visuellen Wahr-nehmung, denen in den Erdwissenschaften eine grundle-gende Bedeutung zukommt (KOLLENBERG, 1986, S. 413f). Das Ergebnis, die geologische Karte, enthält einerseits eine symbolische Sprache, mittels derer bestimmte Er-scheinungen beschrieben und dargestellt werden, und ist auch bereits, je nach gegebenen Aufschlussverhältnis-sen, über die eigentliche Deskription und Beobachtung hinaus eine Hypothese.

Als Wegbereiter der erdwissenschaftlichen Gelände-aufnahme wird vielfach Jean GUETTARD (1715–1786) ge-

nannt, der aus dem parallelen Verlauf der Gesteinsschich-ten an der Erdoberfläche schloß, dass die auf französi-scher Seite untertauchenden Zonen auf der britischen Seite des Kanals wieder vorhanden sein müßten (MASON, 1991, S. 471). Bereits zu seinen Lebzeiten, 1743, hatte Christopher PACKE einen Vorschlag Martin LISTERS aufge-griffen, „mineral maps“ zu schaffen, auf denen die Boden-beschaffenheit durch unterschiedliche Farben dargestellt werden sollte. Die vermutlich älteste kartenförmige Dar-stellung von Mineral- und Gesteinsfundorten ist aber gut hundert Jahre älter und wurde von COULON 1644 in dem Buch „Les rivières de la France“ veröffentlicht (STEINER, 1957, S. 417). Eine erste zusammenfassende Darstellung des Bodens der österreichischen Monarchie wurde 1845 im Maßstab 1:864.000 gedruckt (vgl. WAAGEN, 1935, S. 143) und war

„... eine natürliche Folge der Einrichtung des k.k. monta-nistischen Museums mit seinen Mineralien-Sammlungen ...“ (HAIDINGER, 1848d, S. 218).

Sie basierte einerseits auf den infolge eines Aufrufes eingesandten einschlägigen Daten aus der gesamten Mo-narchie, andererseits auf bereits vorhandenen Karten ein-zelner Gebiete, so etwa den von Paul PARTSCH in Niederö-sterreich, der Steiermark und Siebenbürgen gemachten Aufnahmen. PARTSCH übernahm 1835 die Leitung des Mi-neralienkabinetts und

„... für vieles von dem, was sich später zum Ruhm und zum Vortheile unseres Vaterlandes glänzend entfaltete ...“

hat er den Keim gelegt (HOERNES, 1898, S. 119). Erste um-fassende Geländeaufnahmen hatte zwar schon STÜTZ am Ende des 18. Jahrhunderts vorgenommen, jedoch scheint er, wie HOCHSTETTER (1884, S. 268) berichtet, zum Geologen

„... nicht die nothwendigen Anlagen gehabt zu haben; denn schon die Mittelgebirge, welche sich hinter Rodaun erheben, fand er sehr hoch. Ich habe sie mit vieler Mühe bestiegen, sagte er, besonders den höchsten Berg von allen, den man den Kammersteig nennt. Er ist hinein gegen das Gebirge mit schrecklich steilen Abhängen versehen. ...“

„Bei der Zusammenstellung der Karte ergeben sich ...“,

SO HAIDINGER (1847g, S. 22),

„... nun alle diejenigen Schwierigkeiten, welche jeder Geognost, der Aehnliches versucht hat, aus der Erfahrung kennt. Jede detaillirtere Karte gibt Unterschiede in den Gebirgsarten an, die local sehr wichtig sind, aber in einem kleineren Maßstabe verschwinden, und der einen oder der andern naheliegenden Formation beigezählt werden müssen. Da muss man denn oft einen gordischen Knoten zerhauen, dessen Lösung längerer Zeit, fortgesetzten Rei-sen und vergleichenden Untersuchungen des Gefundenen vorbehalten bleiben müsste. ...“

Die Auflösung dieses gordischen Knotens sollte zur wichtigsten und bedeutendsten Aufgabe der Geologi-schen Reichsanstalt werden.

„Ein zusammenhängender Plan für die geologische Auf-nahme des Kaiserreiches lag, als der wünschenswerthe theste eigentliche, an und für sich schon deutlich vor. Wir mus-ten mit der nächsten Umgegend von Wien aus beginnen, das erste Land zur wirklichen Detailaufnahme musste das Erzherzogthum Oesterreich unter der Enns (341 österrei-chische Quadratmeilen) sein. Doch bevor dies möglich sein konnte, mussten alle Mitglieder der Anstalt praktisch Erfahrung gewinnen, indem sie rasch eine Uebersicht der ganzen östlichen Alpenkette bis Salzburg vornahmen ...“ (HAIDINGER, 1864, S. 163).

Diese Übersichtsaufnahme erfolgte im Sommer 1850. Ganz der Auffassung BOUÉS folgend, wonach

„ ... kleine Reisen nützlicher als grosse sind, genaue Durchforschung kleiner Reviere vorteilhafter als der Besuch grösserer ... “,

und der deshalb überzeugt war, dass, hätte er sich

„ ... in gewissen Gegenden förmlich stationirt ... “,

er

„ ... es vorzüglich in der Kenntniss der Alpen-Structur schon viel weiter bringen ... “

hätte können, wie es sich an LILL VON LILIENBACH zeigte, der in Hallein

„ ... an einen Punct gebunden ... “,

von dem der Zufall wollte,

„ ... dass es ein geognostisch-classischer war ... “,

weshalb, wenn er länger gelebt hätte,

„ ... er uns zu seinen wichtigen zwei Durchschnitten noch manches andere zugefügt hätte ... “ (HAIDINGER, 1850c, S. 9),

sollen zunächst fünf Durchschnitte, von Neunkirchen nach Lilienfeld, Lilienfeld nach Brandhof, Pechgraben nach Eisenerz, von Ischl bis zum Dachstein und von Salzburg nach Werfen, bearbeitet werden (HAIDINGER 1850c, S. 14f). Die geologische Bearbeitung des gesamten Kaiserreiches sollte nicht mehr als dreißig Jahre dauern, also innerhalb des Arbeitsalters eines Menschen liegen. Das mag angesichts der damaligen terra incognita heute ein Lächeln hervorrufen, war aber wohlbegründet, denn

„ ... ein längerer Zeitraum, oder gar ein Beginnen ohne schon im Vorhinein ein festes Ziel zu stecken, wäre gleichbedeutend mit einem Aufgeben der Arbeit, bevor man sie begonnen hat, ein Schiffbruch am Beginn der Reise. Nimmt man aber dreissig Jahre im Ganzen an, so entfällt als Durchschnittsaufgabe für Ein Jahr von den 12.000 Quadratmeilen des Kaiserreiches die Ausdehnung von 400 Quadratmeilen ... “ (HAIDINGER, 1850c, S. 7).

Theoretische Anschauungen über die kartierten Gebiete treten fast völlig zurück zugunsten einer im engsten Sinne als rein empirisch zu verstehenden Wissenschaft. Die Beobachtungen eines Sommers werden, wenn Zweifel übrigbleiben oder eine Frage

„ ... seiner Wichtigkeit wegen mit vermehrter Sicherheit festgestellt zu seyn verlangt ... “,

im darauffolgenden Jahr erneut untersucht und zwar vom ursprünglichen Beobachter gemeinsam mit einem weiteren erfahrenen Aufnahmsgeologen (HAIDINGER, 1850c, S. 9). Die methodische Vorgangsweise sah vor, dass vor allem solche Aufschlüsse aufgesucht werden,

„ ... wo der paläontologische und petrographische Charakter der einzelnen Gesteinsgruppen am vollständigsten entwickelt ist, die Verhältnisse der Ueber- und Unterlagerung am deutlichsten ausgesprochen sind ... “ (SIMONY, 1850, S. 652).

Wie sehr Wissenschaft damals noch als Einheit empfunden wurde, geht aus einer Instruktion HAIDINGERS an die kartierenden Mitarbeiter hervor,

„ ... in welcher nebst der geologischen Aufgabe die möglichst reichhaltige Aufsammlung von Mineralien, Gebirgsgesteinen und Fossilien, von Messungen, dann der Wissenschaft und Landeskunde überhaupt angehörigen, namentlich physikalischer, geographischer, naturhistorischer, selbst archäologischer und ethnographischer Daten,

welche die Welt gewissermassen mit dem Anfange unserer eigenen Geschichte verbinden, anempfohlen werden ... “,

wie CZJZEK (1850, S. 371f) berichtet, der auch eine genaue Beschreibung der Reiseausrüstung gibt.

„ ... An Mess-Instrumenten empfängt jede Section zwei Heber-Barometer, Taschen-Compass, Compass mit Fernrohr, Gradbogen und Zulegplatte combinirt nebst Stativ zu selbstständigen und auf Grundlage der Katastral-Triangulierung vorzunehmenden Höhenmessungen, Psychrometer, Thermometer zu Temperaturmessungen der Quellen, Camera obscura zu genauen Contourzeichnungen der Gebirge, Fernrohr zur Aufnahme unzugänglicher Partien u.a., endlich Zeichenrequisiten aller Art. Die Werkzeuge bestehen in Hämmern von verschiedener Grösse, Stock mit einem Erdbohrer für kleine Tiefen u.s.w ... “.

Mit den geologischen Karten war die empirische Basis für die Auflösung der

„ ... Dunkelheit, welche für die alpinen und karpathischen Gebiete herrscht ... “ (TIETZE, 1899, S. 717)

gegeben, denn um die wahre Reihenfolge der Formationen zu bestimmen benötigte man einerseits eine gründliche Kenntniss der Lagerungsverhältnisse, wie sie nur durch eine sorgfältige Geländeaufnahme geliefert werden konnte und andererseits musste

„ ... die Kenntniss der geschichteten Gebilde der Alpen ... “

durch ein

„ ... genaues Studium der organischen Reste ... “

unterstützt werden (HAUER, 1850, S. 274). Zusammen bildete dies die Grundlage für die Fortschritte, die in den folgenden Jahrzehnten in den Erdwissenschaften gemacht wurden. Deren Bedeutung lässt sich aus den Worten BOUÉS (1844, S. 328) erkennen, die Geologie sei

„ ... nur halb als Wissenschaft enthüllt, so lange wir eine ganz genaue Kenntniss der Alpen-Gebirgs-Massen entbehren, so dass Alles, was diesen Gegenstand berührt, vor allen andern Einzelheiten den Vorrang haben sollte ... “.

Betrachtet man eine geologische Übersichtskarte der damaligen Zeit, so fällt schon auf den ersten Blick die Unterteilung in

„ ... die mächtige vorwiegend aus krystallinischen Schiefergesteinen bestehende Mittelzone der Alpen von den hauptsächlich aus versteinierungsführenden Sedimentgesteinen bestehenden Nebenzonen im Norden und Süden ... “

auf (HAUER, 1867, S. 3). BISCHOFF (1846, S. 25) hat in Tirol von Liegend nach Hangend fünf Hauptabteilungen der Gebirgsarten unterschieden, Urgebirge, Uebergangsgelände, Porphyrgesteine, Alpenkalk und tertiäre Bildungen, und sie ausgezeichnet charakterisiert.

„ ... Von den aufgefundenen Gebirgsarten lassen sich zu dem Urgebirg der Granit, Gneiss, Glimmer-, Chlorit- und Hornblendeschiefer, krystallinischer Kalk und der in ersterem vorkommende Serpentin; zu den Uebergangsgeländen der s. g. Thonglimmerschiefer; zu den Porphyrgeländen der rothe Quarzporphyr, der rothe und graue Sandstein, Gyps und eine Rauhwaacke; zu dem Alpenkalk, geschichteter, in den untersten Schichten bituminöser Kalk, Dolomit, oolithischer Kalk, rother und weisser hornsteinführender Kalk und zu der letzten Bildung, der tertiären, ein grüner Sandstein, Mergel und gelbliche Kalke einreihen. ... “

Die Alpenkalke

„... erheben sich zu schroffen Gebirgsmassen, die im östlichen Theile des Gebietes selbst die Gebirge der krystallinen Centralaxe an Höhe überragen ...“, während die Wiener Sandsteine

„... eine Kette niedriger Vorberge bilden ...“ (HAUER & FOETTERLE, 1855, S. 9).

Es soll jedoch nicht der Eindruck entstehen, als sei nicht in der erste Hälfte des 18. Jahrhunderts und davor schon

„... in rühmlichem Wettstreit daran gearbeitet ...“ worden,

„... den komplizierten Bau der Ostalpen festzustellen ...“.

Doch auch bei den Pionieren der Alpengeologie selbst blieben noch viele Fragen, die sie

„... in ihrem Ethusiasmus durch das Studium von fünf Profilen lösen zu können hofften ...“,

unbeantwortet (DIENER, 1903, S. 327). 1841 beschreibt WISSMANN (S. 1) das alpidische Sedimentgebirge als

„... ein regelloses Gewirr von Schiefer, Sandstein und Kalkmassen ...“.

Allgemein war man zur Überzeugung gelangt, dass die Schichtfolge der Alpen eine Ausnahme von den sonst in der Natur geltenden Gesetzmäßigkeiten darstelle. Diese Auffassung war eine, wenn auch begreifliche,

„... völlige Bankerotterklärung der Forschung ...“,

wie TIETZE (1899, S. 717) zu Recht schreibt. Die Gründe dafür lagen, wie so oft in der Geologie, in der übertriebenen Anwendung von Analogien. So übertrug man die in Deutschland (richtig) erkannten Sedimentformationen in unkritischer Weise auf Österreich, was zwar in den unmittelbar angrenzenden Gebieten stratigraphische Ordnung, im größten Teil der Alpen jedoch, solange das Analogon aufrecht erhalten wurde, völlig unlösbare Probleme herbeiführte. HAUER lernte auf seinen Reisen die Monarchie in allen ihren Teilen kennen und aufgrund seiner vielen Beobachtungen

„... und der von allen Seiten zuströmenden Fossilschätze, die er paläontologisch durcharbeitete, gelang es seinem klaren Geiste in steter Zusammenarbeit mit einer Schar hervorragender österreichischer Geologen in und außerhalb der Anstalt... Ordnung in jenes Chaos zu bringen und die Grundlinien der Stratigraphie für die österreichischen Gebiete festzulegen ...“ (HAMMER, 1925, S. 118).

HAUER (1861, S. 223) selbst gibt eine Beschreibung des damaligen Kenntnisstandes über die Aufeinanderfolge der Sedimentärformationen, in der die zu lösenden Fragen deutlich sichtbar werden.

„... Nicht bei uns allein, wo eigenthümliche, noch heute nicht überall ausgerottete Vorurtheile der Erkenntniss der Wahrheit entgegen standen, auch von manchen Forschern des Auslandes waren die ungeheuer mächtig entwickelten Kalk- und Sandsteinmassen in der nördlichen und südlichen Nebenzone der Alpen als eine exceptionelle Erscheinung betrachtet worden, die sich mit den anderwärts beobachteten Thatsachen nicht in Einklang bringen liesse, und der allgemeinen Gültigkeit einiger der Grundlehren unserer Wissenschaft entgegen stünde. Ja selbst die hervorragendsten Meister unseres Faches, welche diese Gebirge bereist hatten, und philosophischen Geistes, von der Überzeugung ausgingen, dass bei der Bildung der verschiedenen Theile unserer festen Erdrinde, und in der Entwicklung des organischen Lebens auf derselben, al-

lenthalben dieselben Gesetze gewirkt haben müssten, scheiterten der Hauptsache nach in ihren Bemühungen zur Lösung des Räthsels. Ausserordentlich gestörte Lagerungsverhältnisse der Schichten hier, scheinbare Vermengung von Petrefacten verschiedener Formationen dort, ganze Reihen organischer Formen, von höchst eigenthümlichem Habitus, wie man sie sonst nirgend wieder fand, schienen einer endlichen Sonderung und Eintheilung der bezeichneten Gebilde unübersteigliche Hindernisse entgegen zu setzen, und wurde auch hier oder da ein glücklicher Wurf gemacht durch die richtige Bestimmung des Alters von Schichten an einer oder der anderen beschränkten Localität, im Grossen und Ganzen blieben der Alpenkalk und der Wiener- oder Karpathensandstein ein unentwirrtes Chaos. ...“

In dieser Formulierung wird nicht nur die Problemstellung klar hervorgehoben, sondern es werden zugleich die Lösungsansätze deutlich, einerseits nämlich, basierend auf dem LYELLSchen Aktualismus, die Annahme, dass zu allen Zeiten die gleichen Mechanismen der Sedimentation gewirkt haben, und andererseits eine keineswegs willkürliche, und daher auch nur im Sinne einer Evolution erklärbare, Abfolge der Fossilien. Deszendenztheorie und Biostratigraphie bilden daher keinen Gegensatz, vielmehr kann erst durch die Annahme einer Abstammungslehre ein wissenschaftlich begründeter Lösungsansatz zur Auflösung der Schichtenabfolge gegeben werden.

Ausgangspunkt der weiteren Betrachtungen sei eine typische

„... paläontologische und petrographische Formationsreihe ...“

der Alpen, wie sie von MORLOT (1848b, S. 336f) angenommen wurde. Sie ist, wie er selbst betont, völlig analog den angrenzenden europäischen Ländern,

„... nur dass die Versteinerungen seltener, die Schichtenstörungen bedeutender und die Metamorphosen, besonders die Dolomitisation häufiger sind als anderswo. ...“

Von Liegend nach Hangend unterscheidet er:

- * Krystallinisches Schiefergebirge
- * Azoische Gruppe des Uebergangsgebirges
- * Obere oder paläozoische Gruppe des Uebergangsgebirges
- * Kohlengebilde
- * Rothliegendes
- * Untere Triasgruppe und vornehmlich Muschelkalk
- * Lias mit dem Keuper oder obere Triasgruppe (u.a. Wiener Sandstein, Karpathensandstein)
- * Jura
- * Kreide und Grünsand
- * Alttertiäre Formationen
- * Jüngere Tertiärformationen
- * Aelteres Diluvium
- * Erratisches Diluvium
- * Recente Formationen.

Die Basis der

„... mächtigen Reihe von Versteinerungen führenden Sedimentgesteinen ...“

bilden die krystallinen Schiefergesteine, über deren Bildung es

„... zwar zahlreiche Hypothesen, aber keine auf Beobachtungen gestützte besser begründete Theorie ...“

gibt (HAUER, 1887, S. 89). Letzteres wäre nur möglich, wenn es gelänge, die

„... Kerngesteine der Centralmassen scharf von denen der Schieferhülle ...“

zu trennen und weiter zu gliedern, wofür eine genaue Kenntnis der Metamorphosen erforderlich ist und deshalb hält es HAUER (1867, S. 5) für

„... zweifelhaft, ob diese Aufgabe je vollständig gelöst werden wird ...“.

Der

„... Schlüssel zur österreichischen Alpengeologie ...“,

davon war HAUER überzeugt, liegt in einer richtigen Deutung der mesozoischen Schichten, und dieser

„... Schlüssel war eben noch nicht gefunden ...“,

denn

„... die Meinungen, oder besser Vermuthungen der Autoren gingen hier oft weit auseinander ...“ (TIETZE, 1899, S. 718).

Dieser Schlüssel konnte aber nur, wie er immer wieder betonte, in den paläontologischen Merkmalen zu suchen sein,

„... welche in irgend einer Gegend, in irgend einem geologischen Gebiete die Anhaltspunkte liefern, die einzelnen in demselben unterscheidbaren Formationen zu bestimmen ...“ (HAUER, 1875, S. 195).

Ganz im Sinne der bereits erwähnten Analogien sah KEFERSTEIN (1828, S. 319) die Hauptmasse der Kalkalpen als Äquivalente der

„... großen Kreideformation ...“.

Die beiden zu unterscheidenden Formationen, Alpenkalk mit unterlagerndem Flysch, sind scharf vom Schiefergebirge zu trennen, mit dem sie sich

„... nicht durch Wechsellagerung oder Uebergänge ...“

verbinden, während sie selbst durchaus ineinander übergehen (KEFERSTEIN, 1828, S. 163). Seine Untersuchungen während einer Forschungsreise im Sommer 1819 bestätigen,

„... dass der Bau der Erdrinde, wenigstens in großen Distrikten, sich sehr analog ist ...“ (KEFERSTEIN, 1822, S. 118).

Zu einer ähnlichen Schlussfolgerung, wie er sie aus dem Vergleich der geologischen Verhältnisse in den Alpen mit jenen Deutschlands zieht, kommt auch BUCKLAND (1822, S. 85), der zur selben Zeit, immer nur wenige Tage vor KEFERSTEIN, dieselben Gebirgsteile bereist, im Vergleich mit den Gesteinsverhältnissen Englands.

„... Dieser Alpenkalkstein schließt beinahe alle Kalkformationen Englands in sich, vom Magnesiakalk an, welcher über unsern Kohlschichten zunächst liegt, bis zur Kreide (chalk), die ohne sondernde Schichten von Thon, oder Sand aufgehäuft liegt, und ganz den gewöhnlichen Charakter eines kompakten grauen Marmors annimmt, keine Abänderungen zeigend, wodurch ein Theil der Formation vom andern unterschieden werden könnte. Und von solchem Mangel an Unterscheidungsmerkmalen sind beinahe alle jene große Kalkmassen, welche von den Pyrenäen durch das südliche Frankreich bei Avignon und Dauphine sich hinziehen, und von da ununterbrochen weiter durch die Schweiz, Tyrol, Salzburg und Steyermark, bis an die Donau unter Wien fortgehen, dahingegen auf der Südseite der Centralalpen eine ähnliche Kalkmasse vom Lago Maggiore und Como durch das italienische Tyrol nach Croatien und Dalmatien sich hinzieht. ...“

QUENSTEDT (1845, S. 683) sah in den Ammoniten,

„... welche bei Hallstadt alle in einer Schicht von 1' Mächtigkeit mit *Monotis salinaria* sich finden ...“,

die Parallelität mit dem französischen Neokom als

„... evident ...“

erwiesen an. Daneben gab es noch vielfältige andere Auffassungen. HAUER (1846, S. 45f) erkennt die Gleichwertigkeit all dieser Analogien, denn wenn man, wie QUENSTEDT, annimmt, früher lebende Arten wären

„... in der Kreide wieder aufgelebt, so kann man mit derselben Wahrscheinlichkeit annehmen, der Kreide eigenthümliche Formen hätten in den Alpen schon in der Jura- oder Liasepoche existirt ...“.

Die einzig mögliche Lösung besteht darin, wie er folgerichtig erkennt, die

„... Versteinerungen mit grösserer Genauigkeit zu studieren. ...“

Bereits bei seiner Beschreibung der Cephalopoden des Salzkammergutes hatte er nachzuweisen versucht, daß die Marmorschichten von Hallstatt und Aussee, die Schichten von St. Cassian in Südtirol und der Bleibergermuschelmarmor, dem bereits WULFEN als „pfauenschweifigem Helmintolith“ 1793 eine eigene Abhandlung widmete, als geologische Äquivalente zu betrachten seien. Durch weitere Untersuchungen versucht er diese Ansicht für weitere Fundpunkte zu bestätigen. Letztendlich gelangt er zu einer Dreiteilung der Etagen aufgrund der erhaltenen Cephalopodenarten. Neben den bereits erwähnten, parallelisiert er die Ammoniten von Adneth bei Hallein mit jenen von St. Veit bei Wien und Vorkommen in den Karpaten und betrachtet jene von Rossfeld bei Hallein in einem grauen Kalkmergel vorkommenden als eigenständige Etage (HAUER, 1847c, S. 28f). Damit ist zunächst einmal, ohne damit eine Aussage über das Alter der Schichten zu verknüpfen, die Zusammengehörigkeit dieser Punkte erwiesen. Erstmals war eine Unterteilung des Alpenkalkes nicht nur angenommen, sondern auch wissenschaftlich begründet worden und es

„... winken uns bereits die drei grossen Abtheilungen der mesozoischen Reihe aus dem Dunkel entgegen ...“ (TIETZE, 1899, S. 732).

Der Name „Alpenkalk“ war eine Verlegenheitsbezeichnung für die nahezu ungegliederten und, so schien es jedenfalls lange Zeit, ungliederbaren mächtigen Kalkmassen der Alpen. HAIDINGER schreibt 1846 (S. 45), man müsse bekennen,

„... daß die Kenntniss derselben noch lange nicht festgestellt ist ...“

Dieser Kalkstein, bald

„... dicht, dunkler oder heller, häufig auch roth gefärbt; im letzteren Falle enthält er beinahe immer Versteinerungen, z.B. bei Hallstatt, Hallein, Adneth, St. Veit bei Wien u.s.w., ein Umstand der beim Aufsuchen derselben nicht unberücksichtigt bleiben darf; bald ist er oolithisch, bald deutlich geschichtet, bald ganz gleichförmig ohne eine Spur von Schichtung wahrnehmen zu lassen; oft ist er bituminös, ein wahrer Stinkkalk, z.B. im Grönauthal und bei Neuhaus westlich von Maria-Zell ...“,

nimmt in den nordöstlichen Alpen zwischen Wien und Salzburg beinahe die Hälfte des zu betrachtenden Gebietes ein und erscheint auf den Karten durch eine einheitliche Farbe.

„Von der Grauwackenformation angefangen, bis hinauf zur Kreide ...“,

so HAUER (1850b, S. 33f),

„... gibt es beinahe keinen Kalkstein, den nicht ein oder der andere Geologe dem Alpenkalk zugezählt hätte ...“

HAUER wendet sich aber zunächst von den Untersuchungen des Mesozoikums ab und den Schichten von Guttaring und Althofen zu. Diese waren bereits durch KEFERSTEIN ausführlich beschrieben und paläontologisch untersucht worden. Er kommt dabei wohl zu der Erkenntnis, daß ein

„... Geolog, welcher allein oder vorzugsweise die Petrefacte berücksichtigt ...“,

nicht anstehen wird,

„... diese Mergelbildung mit der Tegel- oder Grobkalkformation über den Braunkohlen zu verbinden ...“.

Die Eigentümlichkeit des Flysches, Fossilien anderer Formationen zu führen, und eine Analogie mit dem Wiener Sandstein, sind für ihn nebst einigen anderen Argumenten hinreichend, diese Schichten nicht als tertiär anzusehen, sondern

„... ohngeachtet der darin vorkommenden Petrefacte, zur Flyschformation unter den Alpenkalk zu rechnen ...“ (KEFERSTEIN, 1828, S. 204f).

HAUER (1847d, S. 133) gelingt es nun, anhand einer größeren Anzahl von organischen Resten im k.k. montanistischen Museum, die bereits von BOUÉ aufgrund der Ähnlichkeiten zwischen den Guttaringer Fossilien und denen des Pariser Beckens ausgesprochene Vermutung, es handle sich um Eozänbildungen

„... aufs Vollständigste ...“

zu bestätigen.

Methodisch analog diesem Nachweis des Vorkommens des Eozäns, vermag er auch anhand genauester Fossilstudien die Grauwacken am Alpennordrand, nächst dem Urgebirge, über deren Alter bis zu diesem Zeitpunkt nur Vermutungen vorlagen, als paläozoisch einzustufen. Dazu dienen ihm Cardiaceen, Bivalven, gering an der Zahl, aber mit voller Sicherheit bestimmt, die, parallelisiert mit den Untersuchungen von MURCHISON und BARRANDE, auf oberes Silur hinweisen (HAUER, 1847e, S. 188). War dieser Nachweis aber erst einmal geführt,

„... so unterlag es keinem Bedenken mehr, die durch gewisse petrographische Merkmale gekennzeichneten Gesteine desselben Gebietes, auch wenn es nicht gelang allorts charakteristische Fossilien in ihnen aufzufinden, in unserem Falle also die sonst beinahe überall petrefaktenleeren Grauwacken des ganzen Gebietes der Nordalpen der Silurformation zuzuweisen ...“ (HAUER, 1875, S. 195).

Alle diese Studienergebnisse, so wichtig sie im einzelnen auch waren, sind doch nur als notwendige Vorarbeiten zur Lösung der zentralen und wichtigsten Aufgabe in den Kalkalpen anzusehen, der Gliederung des Alpenkalks. In den Südalpen hatte bereits BOUÉ darauf hingewiesen, daß eine regelmäßige Schichtung mit bedeutender Trias vorhanden ist und dies 1847 (S. 494) anlässlich einer kritischen Besprechung von MORLOTS soeben erschienener Alpenkarte entschieden verteidigt.

„Der es nicht glauben möchte ...“,

sagt er,

„... der gehe hin, aber glücklich und gescheidter derjenige, der es glaubt, ohne die Reise zu machen, denn wenn jeder angehende Geognost alle klassischen Gegenden besuchen müsste, ehe er an diese Wunder glauben und Schriftsteller werden könnte, so würden gar Wenige dazu sich berechtigt fühlen. ...“

Die eigentliche Auflösung der Stratigraphie des Alpenkalkes beginnt wiederum mit einem genauen Studium von

Cephalopoden, und zwar jenen des Rossfeldes, südlich und südwestlich von Hallein. Ein Vergleich dieser Versteinerungen mit jenen von D'ORBIGNY'S „Paleontologie française“ zeigt, daß alle dem Neokom zuzurechnen sind. Damit erhält man

„... einen kostbaren Horizont zur Abgrenzung des jüngeren Alpenkalkes, der bisher unter allen Sedimentgesteinen der nördlichen Alpen am wenigsten Fossilien geliefert hat ...“ (HAUER, 1848, S. 480).

Daraus ergibt sich weiters, daß die Cephalopodenmarmore von Hallstatt und Aussee als oberster Muschelkalk angesehen werden können, womit die Vermutung einer mächtigen Trias in den Ostalpen erstmals begründet ausgesprochen wird. Als weitere Konsequenz ergibt sich, daß aufgrund der bereits bewiesenen Gleichstellung der roten Hallstätter Ammonitenmarmore mit den Schichten von St. Cassian und den Bleiberger Muschelmarmoren die beiden letztgenannten ebenfalls als Trias zu betrachten sind.

Die Dachstein-Bivalve, eine große zweischalige Muschel, die

„... handgrosse herzförmige Gestalten auf den verwitterten Felsoberflächen ...“

bildet, ist keineswegs auf das Dachsteingebiet allein beschränkt, vielmehr findet sie sich auch am Schafberg, im Waldbachtal, Paß Lueg und bei Hallein (COTTA, 1850, S. 118). Sie wäre somit ein ideales Leitfossil für den unteren Alpenkalk. Allein, trotz der Häufigkeit konnte man kein deutliches und bestimmbares Exemplar dieses später den Abschnitt C des Lofer-Zyklothems so charakterisierenden Megalodontenkalkes gewinnen. Das Dachsteingebirge übergab HAUER übrigens 1853 dem jungen Volontär Eduard SUESS zur Bearbeitung, der als sein bewundernder Schüler mit ihm Augenblicke erlebte,

„... in welchen die Grösse der Wissenschaft und die Schönheit der Natur sich vereinigen ...“ (VACEK, 1899, S. 124),

und dort, schreibt SUESS zu seinem 80. Geburtstag,

„... erwachten Fragen in mir, die mich bis heute bewegen ...“ (TIETZE, 1911, S. 249).

1850 unternimmt HAUER einen, wie er selbst sagt, sehr gewagten Versuch „Ueber die geognostischen Verhältnisse des Nordabhanges der nordöstlichen Alpen zwischen Wien und Salzburg“, denn

„... durchweg irrig ist die Vorstellung, nach welcher man den Alpenkalk als eine zusammengehörige, wenn auch in mehrere Glieder zerfallende, von Osten nach Westen regelmässig fortstreichende und nördlich von jüngeren Gesteinen bedeckte Formation ansieht ...“ (HAUER, 1850b, S. 34).

Dies legen einerseits die Lagerungsverhältnisse nahe, und andererseits die organischen Reste, wobei er sich ausdrücklich auf BUCKLAND beruft, jenen von der Wissenschaftsgeschichte fälschlicherweise so viel belächelten Verteidiger der CUVIERSchen Katastrophentheorie, der aber bereits 1839 (S. 129) mit voller Bestimmtheit ausgesprochen hatte, daß das Studium der organischen Überreste

„... den Hauptcharakter und die eigentliche Grundlage der neueren Geologie ...“

ausmacht, und somit

„... Hauptursache der Fortschritte ...“

dieser Wissenschaft ist. Obwohl die Trennung der Kalksteine in ihre einzelnen Formationen

„ ... bei der Detailausführung im Ganzen geringere Schwierigkeiten als man erwartet hatte ... “,

bot (HAUER, 1851, S. 237), ist sich HAUER (1850b, S. 36) der vielen Unsicherheiten, die seine Auflösung des Alpenkalkes in sich birgt, voll bewußt und will deshalb nur eine Basis für weitere Untersuchungen, Verifikation oder Falsifikation jener Stratigraphie liefern, die sich von Liegend nach Hangend folgendermaßen darstellt:

- Unterer Muschelkalk
- Oberer Muschelkalk
- Lias
- Unterer Oolith
- Mittlerer Oolith
- Oxfordthon
- Weisser Jura
- Neocomien
- Obere Kreideformation

Die klassische Gliederung des Mesozoikums in Trias–Jura–Kreide ist hier bereits unverkennbar für die Ostalpen nachgewiesen, obwohl noch keineswegs unumstritten ist, ob es sich etwa beim Unteren Muschelkalk tatsächlich um Trias handelt, vielmehr sieht CATULLO in diesen Kalksteinen mit der bereits erwähnten Dachsteinbivalve Juraschichten. Auch COTTA (1850, S. 105f) hält die Frage der Zuordnung der Cephalopodenkalksteine des Nordabhanges der Alpen zu Trias- oder Juragruppe für noch nicht völlig entschieden.

„Die meisten Geologen sind jetzt geneigt ... “,

wie er schreibt,

„ ... sie der letzteren zuzurechnen ... “,

wobei er es aber befremdend findet,

„ ... in ihnen keine Belemniten zu finden ... “,

wo doch

„ ... Ammoniten so ungemein häufig darin vorkommen, die offenbar denselben Facies angehören ... “.

Vor allem aber stellt SCHAFFHÄUTL (1848, S. 147) mit seinem Versuch eine Äquivalenz der Ammonitenmarmore mit den roten Marmoren der bayrischen Voralpen nachzuweisen, erneut eine Parallelität zwischen den Vorkommen von Adnet einerseits sowie Aussee und Hallstadt andererseits her. Eine Ansicht, die, wenn sie richtig wäre,

„ ... uns gerade wieder in jene Verwirrung zurückführen würde, aus der die neueren geologischen Untersuchungen mit Hülfe der Paläontologie uns eben erst mühsam herauszuhelfen begonnen haben ... “ (HAUER, 1850c, S. 586).

Wie wenig empirisch abgesichert die obige Untergliederung ist, zeigt sich auch am Oxfordthon, der von BUCH als Äquivalent der Oxfordformation eingestuft wurde, ohne daß das zugehörige Leitfossil, die *Terebratula diphyia*, im östlichen Teil der Nordalpen tatsächlich nachgewiesen werden konnte (HAUER, 1850b, S. 41).

Ebenso ungeklärt war die Frage, ob die Steinsalzgebilde der Alpen als Sedimente eingereiht werden könnten oder nicht. Während die meisten Geologen, entsprechend der vorherrschenden plutonischen Lehre, im Steinsalz vulkanische Bildungen sahen, weist ZEUSCHNER (1850, S. 234f) darauf hin, daß sie mindestens in den Karpaten

„ ... Charaktere von wässrigen Absätzen an sich tragen ... “,

insbesondere enthalten sie Überreste von Meerestieren, wie Schalen von Conchylien und Krebse, sowie Pflanzen, die an den nahen Ufern wuchsen. Deshalb könne mit Sicherheit angenommen werden, daß die karpatischen Salzablagerungen von einem ausgedehnten Meer stammen,

während er für das Salzgebirge in Salzburg annimmt, hauptsächlich aufgrund des Mangels an Petrefakten, es sei als wässriger Brei aus dem Erdinnern hervorgekommen.

HAUER selbst weist zwar auf solche Detailprobleme hin, beschäftigt sich aber weiterhin mit der eigentlichen Kernfrage, der Gliederung von Jura und ganz besonders der Trias. Einerseits gelingt es nachzuweisen, daß die Werfener Schiefer nicht nur einzelne isolierte Punkte bilden, sondern in

„ ... nur wenig unterbrochenen Zügen in verschiedenen Richtungen das eigentliche Alpenkalkgebiet durchsetzen ... “

und somit eine nachweisbare

„ ... Gränze zwischen der Grauwacke und dem Alpenkalk bilden ... “ (HAUER, 1853, S. 717).

Dazu kommt eine neue Schichtengruppe, dunkelgraue bis schwarze Kalke,

„ ... die dem bunten Sandsteine zwar innig verbunden, doch ihrer petrographischen Verschiedenheit wegen eine Trennung erheischen ... “

und die er mit dem Namen Guttensteiner Kalk bezeichnet (HAUER, 1853, S. 716). Damit ist eine Dreigliederung bzw. Zweiteilung der Triasformation erreicht, in die Werfener Schiefer (1a) und den Guttensteiner Kalk (1b) einerseits und die Hallstätter Schichten (2) andererseits.

Der

„ ... Collectivname Alpenkalk ... “

als eine letztendlich unbestimmte Bezeichnung verschwindet damit endgültig aus der Wissenschaft. Weiterhin ungelöst bleibt aber die Geologie der niedrigeren, sanfteren Berge und Hügel, der letzten Ausläufer der eigentlichen Alpen gegen das Donautal zu. Die Trennung der einzelnen Formationen dieser Gesteine ist, wie HAUER (1850b, S. 51) folgerichtig erkennt,

„ ... die nächste und wichtigste Aufgabe der Geologen ... “.

Die Problemstellung, eine scheinbar im untrennbaren Zusammenhang stehende Formation abzugrenzen, bietet eine

„ ... schlagende Analogie ... “

zum Alpenkalk (HAUER, 1857, S. 284). Daraus folgt konsequent, daß auch der Lösungsansatz äquivalent dazu nur

„ ... die Auffindung von bestimmbarer Petrefacten an überaus zahlreichen Localitäten ... “

sein kann. Gerade darin eröffnet sich die rein praktische Schwierigkeit der empirischen Beobachtung, denn

„ ... stundenlang kann man beispielsweise in dem nördlichen Theile des Wienerwaldes, der dieser Zone angehört, umherstreifen, ohne eine hervorragende Felsmasse oder überhaupt ein anstehendes Gestein aufzufinden ... “ (HAUER, 1887, S. 103).

Dort aber, wo ein Steinbruch oder Bacheinriß in diesem

„ ... undankbaren ... “

Gebiet Einblick gewährt, zeigen sich

„ ... wohlgeschichtete glimmerreiche Sandsteinbänke, die in tausendfacher Wiederholung mit dünnen Schichten von Mergelschiefer wechsellagern ... “ (HAUER, 1887, S. 103).

Diese zusammenhängende Zone mit 5 bis 15 km Breite, der Wiener Sandstein, streicht aus der Schweiz herein vom Bodensee entlang des Nordrandes der Kalkalpen bis zum Kahlen- und Leopoldsberg bei Wien und jenseits der Do-

nau vom Bisamberg weiter in die Karpaten, wo er als Karpatensandstein bezeichnet wird. Für sein Äquivalent in den Südalpen ist der Begriff „Macigno“ gebräuchlich.

In seiner geologischen Übersichtskarte stuft HAIDINGER (1848d, S. 233) diesen Wiener Sandstein als Liegendes des mit dem Lias beginnenden darüberlagernden Alpenkalkes, und somit als Keuper, ein. Diese Auffassung beruht, wie schon TIETZE (1899, S. 728) feststellt, auf zwei falschen Voraussetzungen. Zunächst einmal war die Abtrennung der später als triadisch-liassisch eingestuften Bildung von Lunzer und Grestener Schichten noch nicht erfolgt und HAIDINGER sah in den dort vorkommenden Alpenkohlen, die er mittels Fossilien einzustufen vermochte, ein Analogon zu den Kohleschmitzen in der Wiener Sandsteinzone. Mehr noch aber zwang ihn, bei Zugrundelegung einer ungestörten Schichtfolge, der Alpenkalk im Hangenden, der ja noch als jurassisch galt, Trias anzunehmen. Die empirischen Grundlagen um

„... einen Faden in das Labyrinth noch unenträthselter Gesteinsschichten zu bringen ...“,

hatte er bereits auf einer Geländeexkursion im Herbst 1842 gesammelt, aber erst mit mehrjähriger Verspätung veröffentlicht (HAIDINGER, 1848e, S. 347).

In einem Brief schreibt der berühmte britische Geologe MURCHISON, er könne niemals glauben,

„... dass die Hauptmasse des erwähnten Wiener Sandsteines die Trias repräsentire ...“,

vielmehr sieht er eine Parallele zu den fossilführenden Gosauschichten, womit er als Kreide einzustufen wäre, denn, wie MURCHISON im Hinblick auf die Funde fossiler Pflanzen an einigen wenigen Orten feststellt,

„... man muß in der Geologie Schlüsse aus den Massen und nicht aus den Ausnahmen ziehen ...“ (HAIDINGER, 1848f, S. 306f).

Beinahe zeitgleich und unabhängig von HAIDINGER kommt aber auch MORLOT (1848b, S. 335), der diese Formation von Istrien aus bis ins Innere der Alpen verfolgt, zu ähnlichen Schlußfolgerungen. Jene, die gelegentlich eine Überlagerung des Nummulitenkalkes durch den Wiener Sandstein zu erkennen glaubten, wie STUDER und ESCHER, seien nur einem

„... täuschenden Schein ...“

erlegen,

„... welchen vielfach wiederholte, große Verwerfungen und wunderbare, häufig mit Ueberstürzungen verbundene Schichtstörungen hervorbringen ...“.

Diese Zone wird für ihn damit zum wertvollen Leithorizont, mit dem er den triadischen Muschelkalk, als untere Einheit des Alpenkalkes, abzugliedern vermag.

Genaue empirisch-deskriptive Untersuchungen, wie sie schon bei den Cephalopoden zum Erfolg geführt hatten, diesmal auf die Nummuliten angewandt, bringen die Erkenntnis, dass es sich bei jenen der Gosauschichten tatsächlich um Orbituliten handelt, die somit eine Einstufung der betreffenden Lokalitäten als Kreide ermöglichen und es

„... im höchsten Grade wahrscheinlich ...“

machen, dass die

„... eigentlichen Nummuliten der ältesten Gruppe der Tertiärformation der Eozänperiode angehören ...“ (HAUER, 1849, S. 262).

Die damit erstmals überhaupt mögliche Abgrenzung von Neokom und Eozän erlangte umso mehr Bedeutung, als die 1823 von BRONGNIART beschriebenen Fucoides, Wesen von

„... niederer Organisation ...“,

die man als fossile Algen ansah, welche

„... durch längere Zeitepochen in ganz gleichen Arten fortgelebt haben ...“ (HAUER, 1857, S. 285),

die sich später aber als Freß- und Wohnbauten kambrischer bis tertiärer Würmer erwiesen, nicht als Leitfossilien herangezogen werden konnten. So darf es auch nicht verwundern, dass HAUER noch 1875 (S. 467) in seiner großen Synthese über die Geologie der österreich-ungarischen Monarchie bezweifelt, ob man überhaupt je

„... eine weitere Trennung in einzelne Glieder hier durchzuführen ...“

vermag.

Es ist wieder einmal Ami BOUÉ, der bereits im Juni 1847 auf einer Versammlung der Freunde der Naturwissenschaften den methodischen Weg zu einer erfolgreichen Lösung zeigt.

„Alle Lagerungsverhältnisse ...“,

sagt er,

„... können unmöglich in einem Gebirge oder selbst in einem Theile eines Welttheiles deutlich vorhanden seyn. Zum Beispiel der Trachyt von Gleichenberg kann eben so wenig einen Begriff von dem ganzen Komplexus der Trachytgebilde geben, als das Königreich Sachsen von allen Formationen des Erdballs ...“.

Diese Umkehrung der klassischen WERNERSchen Arbeitsweise führt dazu, dass man in einem Land suchen sollte, was in einem anderen nicht vorhanden ist und das

„... lässt sich am sichersten durch die Verfolgung der Gebilde von einer geognostischen Provinz in eine andere bewerkstelligen ...“.

Wendet man dieses Verfahren auf den Wiener Sandstein an, so gilt es, ihn

„... mit mathematischer Genauigkeit ...“

zu studieren und

„... bis in die abgelegensten Karpaten ...“

zu verfolgen (BOUÉ, 1847, S. 494f). Dabei zeigt sich, dass die weitverbreitete Annahme, aller Karpatensandstein gehöre nur einer einzigen, nämlich der Eozänformation an, eine zu einfache und unkritische Übertragung von Altersbestimmungen eines Schichtkomplexes auf andere ist, auf welche dies nicht mehr zutrifft. Studien in Siebenbürgen, in einem auch in der weiteren Forschungsgeschichte Rumäniens einzigartigen, in seinen Grundzügen bis in die Gegenwart gültigen (vgl. MAXIM, 1964, S. 57f) monografischen Werk zusammenfassend dargestellt, erweisen es als sicher,

„... daß es wirklich Wiener und Karpathensandstein von vor-eocenem Alter gibt ...“ (HAUER & STACHE, 1863, S. 154).

Verständlich wird die Schwierigkeit, die die Auflösung der Wiener Sandsteinzone bereitete, wenn man an die außerordentlich komplizierten Lagerungsverhältnisse denkt. Sie zeigt einen Faltenbau, bei welchem die Falten selbst geneigt sind, äquivalent jenem wie er

„... im großartigsten Maßstabe ...“

von ROGERS in den nordamerikanischen Appalachen nachgewiesen wurde, mit Falten, die

„... steil, enge zusammengepresst und überkippt sind ...“,

in größerer Entfernung von der Hebungsachse aber mehr und mehr verflacht

„... zu sanften Wellenbiegungen ...“ (HAUER, 1875, S. 508).

Es ist das unbestrittene Verdienst Franz VON HAUERS, aufbauend auf die Prinzipien von William SMITH, eine erste, sichere, auf streng stratigraphisch-paläontologischer Basis fußende Gliederung der alpinen Sedimente gegeben zu haben, die in der Folge zwar durch immer bessere Geräte, die etwa zur Einbeziehung von Mikro- und Nannofossilien führten, in die Richtung einer Feinstratigraphie ausgebaut wurde, in ihren Grundzügen jedoch keine bedeutende Veränderung mehr erfahren sollte. Diese induktive Kenntnissgewinnung durch eine große Menge empirischer Daten aus phänomenologischer Beobachtung ist ein gänzlich anderer Ansatz als die aprioristische Geologie der früheren deutschen Naturphilosophie.

„Wie unterscheidet sich denn ...“,

fragt VOGELSANG (1867, S. 85) bezüglich dieser,

„... die Thätigkeit solcher Geologen von derjenigen der Alchemisten? Gar nicht ...“!

Und obwohl Beobachtung und Experiment längst schon die empirische Basis geworden sind, beklagt HAUER (1861, S. 203) noch am Beginn der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts, dass selbst unter Fachgelehrten die Meinung verbreitet sei, die

„... Lehrsätze der Geologie ruhten auf minder sicherem Fundament als jene der übrigen inductiven Wissenschaften ...“.

Mit einer rein empirischen Deskription von Versteinerungen in einzelnen Schichten ist zunächst nicht mehr und nicht weniger als eine Gliederung erreicht, die auch rein räumlich verstanden werden kann. Das Bedürfnis nach Erkenntnis wird aber durch Beschreibung allein, wie genau sie auch immer sein mag, nicht befriedigt, vielmehr ist die zentrale Frage in einer Wissenschaft von der Vergangenheit die Frage nach dem „Warum“. Dazu müssen die Naturwissenschaften aus ihrer

„... empirischen Sphäre ...“

herauskommen, allerdings nicht im Sinne der vorhin erwähnten

„... Anhäufung von aus der Luft gegriffenen Hypothesen ...“ (BOUÉ, 1851, S. 27),

sondern durch die

„... wahren philosophischen Fortschritte ...“,

die ebenfalls

„... ihre Constanten, ihre Gleichungen, ihre Integralen ...“

haben, nur sind diese schwerer und langwieriger zu ermitteln, weil die Natur eben

„... eine Meisterin in der Genauigkeit ...“

ist (BOUÉ, 1851b, S. 10).

Erste Ansätze zu einer solchen über die unmittelbare Erfahrung hinausgehenden Erklärung für den Wiener Sandstein erwähnt HAUER (1878, S. 514f) in der zweiten Auflage seines Lehrbuches, wobei er die Frage von Detritusbildung oder Eruptivvorgängen möglichst objektiv wiedergibt, ohne eigene Bemerkungen zu machen. Theodor FUCHS hatte 1877 (S. 341f) die Vorstellung des Flysches als Analogon zu rezenten Schlammvulkanen entworfen, eine Ansicht, die er selbst als

„... sonderbar und gewagt ...“

bezeichnet, für die er aber eine Reihe von Vorläufern aufzählen kann, vor allem italienische Geologen, wie BIANCONI oder die „Corso di Geologia“ STOPPANIS, in denen ein Zusammenhang mit der

„... Eruption des Serpentin ...“

hergestellt wurde, wobei er sich auf die Erscheinung inigster Wechsellagerung und Übergänge in Nord- und Mittelitalien, auf Elba, Korsika sowie in Griechenland stützt, während er sie für die Karpatensandsteine zunächst für fraglich hält und später ausdrücklich ablehnt, da sich für diese

„... in der That kaum etwas Unmotivirteres denken ...“

ließe,

„... denn hier ist doch wohl für jeden Unbefangenen evident, dass man ein ganz gewöhnliches Detritus-Sediment vor sich habe ...“ (FUCHS, 1879, S. 272).

Damit kann aber die bereits zu dieser Zeit bestehende Alternativtheorie von CARPENTER, die eine solche Unterscheidung zwischen Wiener und Karpatensandstein nicht erfordert, schon eine einfachere Lösung anbieten und erweist sich somit als die überlegenere Theorie. Neben der Verbindung mit Eruptivgesteinen, der petrographischen Beschaffenheit, Verbreitung und Lagerung sind es vor allem die fremden Blöcke und Klippen, die FUCHS zugunsten seiner Auffassung anführt. Dieses Vorkommen von Klippenzügen in der Flyschzone und die damit verwandte Erscheinung der erratischen Blöcke bildete den Gegenstand zahlreicher Untersuchungen und Diskussionen. Der Luzerner Professor KAUFMANN (1871, S. 265) faßte die Granitblöcke des Habkernales, ganz im Sinne von MURCHISON, als metamorphe Bildungen auf.

„Fast allenthalben ...“,

schreibt er,

„... wo man anschlagen mag, treten dem Beobachter die Zeichen der granitbildenden Metamorphose entgegen ...“

FUCHS (1878, S. 136) versucht nun seine Theorie durch empirische Geländebeobachtungen in der Umgebung von Wien zu stützen. Neben dem Nachweis der

„... Spuren des Geflossenseins ...“

infolge der eruptiven Geschehnisse, glaubt er vor allem den Nachweis erbracht zu haben, dass

„... die scheinbare Schichtung, welche sich so häufig in den Flyschbänken zeigt und durch die lagenweise Vertheilung von Glimmerblättchen oder Kohlenpartikelchen hervorgebracht wird, nicht das Mindeste mit einer wirklichen, durch successiven Absatz hervorgebrachten Schichtung zu thun hat ...“.

Gleichzeitig versucht PAUL (1878, S. 182), der keineswegs

„... die naive Ansicht ...“

vertritt,

„... daß der Flysch desswegen nicht eruptiv sein könne, weil seine chemische Zusammensetzung von der sicherer Eruptivgesteine abweiche ...“,

im Gelände den Nachweis zu führen, dass das

„... direkte Beweismittel für die vorliegende Frage ...“,

das gänzliche Fehlen von Konglomeraten und Kohlenflözen einerseits und die außerordentliche Seltenheit von Versteinerungen andererseits nicht richtig sei.

„... Weiter wollte ich nichts beweisen, das aber habe ich, wie ich glaube, auch wirklich bewiesen ...“.

Dennoch geht es ihm, wie er an anderer Stelle betont, um die

„... Abwehr einer Theorie, die, ebenso schwankend in ihren Stützen als in ihrer Ausführung, nur zu sehr geeignet ist ... auf vollständig falsche Wege zu lenken. Hat

doch ein Anhänger der Fuchs'schen Theorie in einer Sitzung der Toscanischen Gesellschaft der Naturwissenschaften bereits von Fumarolen in den Karpathen gesprochen! ... " (PAUL, 1878, S. 185).

Zudem müßten, meint er, zunächst die in der Literatur vorliegenden älteren Ansichten über die Klippenbildung eingehend erörtert und widerlegt werden, bevor eine neue diesbezügliche Theorie wissenschaftliche Berechtigung erlangen kann.

Neben der in weiterer Folge geführten Diskussion über die Begriffe der

„... falschen Schichtung ...“
und der

„... falschen Schieferung ...“ (FUCHS, 1878b, S. 229), führen die unterschiedlichen empirischen Beobachtungen zur bereits erwähnten Differenzierung einer getrennten Bildungsweise für den Karpatensandstein einerseits und die als charakteristisch geltenden Bildungen, die Argille scagliose, andererseits. Für letztere hält FUCHS (1878c, S. 463) weiterhin an der Auffassung fest, wonach sie ähnlich wie der Trachyt mit seinen Tuffen aus Masseneruptionen hervorgegangen sind und daher selbständige ausgedehnte Gebirgssysteme bilden, wobei er den Ähnlichkeiten der Flyschformation zu den älteren Schiefersystemen der alpinen Gebirgsketten besondere Bedeutung zumißt. Dieser Einwand als

„... letztes Refugium ...“
bedeutet für PAUL (1878, S. 181),

„... daß in den Karpathen so gut wie gar kein Flysch übrig bleiben würde, wenn man alle diejenigen Bildungen der Karpathensandstein-Zone, deren Verhältnisse mit den Fuchs'schen Angaben nicht stimmen, von dem Begriffe ausschliessen wollte. ...“

Entscheidend in der Frage für oder gegen die Theorie einer Eruptivbildung des Flysches sind aber die Versteinerungen. Zwar

„... enthält er in unglaublicher Menge und wunderbar schöner Erhaltung Fucoiden, so wie jene eigenthümlichen, hieroglyphischen Zeichnungen, welche wohl mit Recht zum grössten Theile als Annelidenfahrten aufgefasst werden ...“,

was es aber

„... doppelt räthselhaft ...“
erscheinen läßt,

„... warum andere Thiere so vollständig mangeln ...“
(FUCHS, 1877, S. 356).

FUCHS (1877, S. 357) greift zur Erklärung dieses Phänomens auf GÜMBEL zurück, der die Fossilarmut im bayrischen Flysch durch Exhalationen schädlicher Substanzen erklärt und sieht darin eine Stützung für seine Theorie.

„Es ist nämlich von den Schlammvulkanen her bekannt, dass eruptive Massen fast stets von übelriechenden, flüssigen und gasigen Stoffen begleitet werden, welche den meisten Thieren widerwärtig sind, während es sich leicht denken läßt, dass Algen und Würmer gegen diese Einflüsse weniger empfindlich sind und dort noch freudig prosperiren, wo sich alles andere Leben schon zurückgezogen ...“.

Die großen Mengen an Fucoiden und das massenhafte Auftreten von Vegetabilien sprachen seiner Meinung nach eindeutig gegen die bereits seit 1870 bestehende Alternativtheorie (FUCHS, 1872, S. 23), die die heutige Erklärung

als Bildungen durch turbidity currents in sehr tiefen Meeresbecken zwischen 3000 und 4000 m in ihren wesentlichen Grundzügen vorwegnimmt. Sie war das Ergebnis umfangreicher Untersuchungen über Temperatur und Zusammensetzung atlantischer und mediterraner Wässer an Bord des Forschungsschiffes Porcupine (CARPENTER & JEFFREYS, 1871, S. 146f).

Die Theorie der eruptiven Bildung erweist sich jedoch keineswegs als nutzloses Hemmnis in der Klärung der Flyschfrage, vielmehr wird überhaupt erst durch sie die Frage gestellt, woran Tiefseeablagerungen zu erkennen seien. Und zwar eben von Theodor FUCHS (1883, S. 487f), der trotz der auch schon vor ihm bestehenden Bemühungen erkennt,

„... dass kaum ein Capitel der stratigraphischen Geologie so sehr im Argen liegt, wie gerade die Lehre von den Facies ...“,

denn man könne

„... täglich sehen, dass Ablagerungsformen, welche ein Geologe für typische Tiefseebildungen erklärt, von einem andern sammt und sonders für ausgesprochene Litoralbildungen erklärt werden oder auch umgekehrt ...“.

Die Ursache läge darin, dass man sich um die Natur der Ablagerungen nur dort kümmere, wo sich Schwierigkeiten bei der herkömmlichen Parallelisierung der Schichten ergeben. Er ist sich der Schwierigkeiten seiner Ansichten, die er in einer Abhandlung im Neuen Jahrbuch für Mineralogie darlegt, durchaus bewußt, weshalb er dieselbe auch nur als

„... einen Versuch, die Discussion des Gegenstandes in Fluss zu bringen ...“

sehen will.

Zunächst gilt es eine Begriffsklärung vorzunehmen, denn „Tiefseebildung“ kann durchaus unterschiedlich verstanden werden.

„... Hat man hiebei bloss die Bildung des Sedimentes im Auge, so verstand man früher unter Litoralbildung diejenigen Ablagerungen, welche sich im Bereiche der Wellenbewegung, unter Tiefseeablagerung jene, welche sich ausserhalb derselben bilden; gegenwärtig versteht man in der Regel unter Litoralbildung alle jene Ablagerungen, welche ihr Material vom Lande beziehen (Gerölle, Sand, Schlamm), und unter Tiefseebildung jene, welche durch eine Anhäufung der schwebenden Substanzen des Meeres gebildet werden (Globigerinen-, Radiolarien-, Diatomeen-Schlamm, Red Clay). Stellt man sich hingegen auf den Standpunkt des Zoologen und Paläontologen, so versteht man unter Tiefseebildungen jene Ablagerungen, welche Tiefseefauna enthalten ...“ (FUCHS, 1883, S. 489).

Nachdem festgelegt ist, dass für ihn als Paläontologen der letztere Begriff bestimmend ist, beschreibt er das methodische Vorgehen, das zur Entscheidung der Frage führen soll. Dieses besteht darin,

„... dass man sich zuerst ein möglichst klares Bild der Litoralfauna und der Tiefseefauna in ihrer typischen Entwicklung bildet, dass man feststellt bis zu welchen Grenzen man diese beiden Faunen in ihrer typischen Form findet und dass man dann von diesen beiden Fixpunkten aus convergirend vorschreitend auf beiden Seiten die allmähliche Auflösung der typischen Form verfolgt, bis man schließlich zu einer neutralen Zone gelangt, in welcher die typischen Charaktere beider Faunen vollkommen verschwunden sind oder aber sich dermaßen gegenseitig das Gleichgewicht halten, dass man sie mit gleichem Rechte

zu der einen wie zu der andern zählen könnte ... “
(FUCHS, 1883, S. 490).

Entscheidend bei seinen Überlegungen ist dabei, dass er nicht die Temperatur, sondern die Lichtverhältnisse als bestimmend ansieht, wodurch die aktualistische Annahme möglich wird, die bathymetrische Verteilung der Organismen sei in früheren geologischen Epochen ähnlich der in den heutigen Meeren gewesen.

In weiterer Folge werden eine Reihe von Fehlern angeführt, die von Geologen begangen werden. Dazu gehört insbesondere, das Vorhandensein von Landpflanzen als Hinweis auf Seichtwasserbildungen zu werten. Er verweist auf AGASSIZ, der bei Untersuchungen, die er an Bord des Küstendampfers Blake im Golf von Mexiko und dem Karibischen Meer durchführte,

„ ... in einem und demselben Zuge Tiefseecrustaceen, Anneliden, Fische, Spongien u.s.w. untermischt mit Mango- und Orange-Blättern, mit Stücken von Bambusrohr, ja sogar mit Landschnecken in solcher Menge, dass ein Geolog eine solche Ablagerung der Fauna nach gewiss für eine Aestuarienbildung gehalten haben würde ... “,

fand, und doch befanden sich

„ ... alle diese Dinge im Meere in einer Tiefe von 1500 Faden! ... “ (FUCHS, 1883, S. 499).

Ebenso allgemein verbreitet ist der Irrtum, Süß- oder Brackwasserablagerungen ohne weiteres als litorale Bildungen anzusehen, denn

„ ... der Genfersee hat beiläufig eine Tiefe von 170 Faden, der Comersee von 300 Faden, der Lago Maggiore von 430 F., der Baikalsee nahezu 700 Faden, das Caspische Meer zeigt in seinem südlichen Theile Tiefen bis über 600 Faden ... “ (FUCHS, 1883, S. 500f).

In der weiteren Beweisführung wendet er sich nun den positiv beweisenden Merkmalen zu (FUCHS, 1883, S. 500f). Dazu gehören unbestreitbar die mächtigen, ausgedehnten Globigerinen-, Radiolarien- oder Diatomeen-Schlämme, und ebenso bestimmte Gattungen der Foraminiferen. Eine typische solche Fauna wurde durch Van den BROECK von der Insel Barbados beschrieben. Weitere charakteristische Tiefseemerkmale sind die Inkrustationen und konkretionären Knollen von Manganoxyd, sowie das Vorkommen jener von Nathorst als baumförmig verästelte Wurmgänge nachgewiesenen „Pseudo-Fucoiden“, deren Bildung ruhige Wasserverhältnisse voraussetzt.

Alle Argumente zusammengekommen, führen FUCHS (1883, S. 534) nicht nur zur Aufgabe seiner eigenen Theorie und einer ausführlichen Erläuterung, warum Flyschformationen tatsächlich in großer Tiefe abgelagert worden seien, sondern ebenso zu der Ansicht, dass die petrographische Beschaffenheit allein nicht Aufschluß zu geben vermag. Als

„ ... wahrhaft verhängnisvoll ... “

für die

„ ... Anschauungsweise der Geologen ... “

kritisiert er dabei die von PREVOST, aufgrund der Tatsache, dass Detritusmaterial bei seinem Transport ins Meer eine Sonderung nach der Größe des Kornes erfahre, also das Geröll zunächst dem Strand, der Sand weiter entfernt, schließlich der Schlamm, abgelagert werde und dort, wo mechanische Sedimentation nicht mehr möglich sei, die chemischen Kalkniederschläge sich fänden, durch ein summarisches Verfahren begründete Theorie, wonach Sande und Tone als Litoral-, reine Kalke als Tiefseebildungen zu betrachten seien (FUCHS, 1883, S. 581). In

Wirklichkeit verhalte es sich genau umgekehrt, wofür er als Beispiel das Wiener Becken anführt,

„ ... in welchem ja von Suess selbst die Leythakalke für Litoralbildungen, die Badner Tegel aber für Ablagerungen tiefen Wassers erklärt worden sind, ganz im Gegensatz zur Prevostschen Lehre ... “ (FUCHS, 1883, S. 584).

Dieses Becken wurde naturgemäß allein schon aufgrund seiner Lage intensiv erforscht. Einer geologische Karte der Umgebung Wiens legte CZJZEK (1849, S. 127f) einen Ideal-Durchschnitt bei, den er in einer Versammlung der Freunde der Naturwissenschaften am 9. Februar 1849 folgendermaßen kurz beschrieb:

„Das Alluvium oder die Dammerde, die Anschwemmungen der Flussgebiete und die Kalktuffe. Das Diluvium, die dünnen Lagen der Geschiebestücke des Wiener Sandsteins und die muldenförmig abgelagerten Gerölle des Steinfeldes, ferner die erratischen Blöcke und der Löss und endlich einige Terrassen des älteren Diluviums, die meistens durch die Umbildung des tertiären Schotter entstanden sind. Die Tertiärgebilde, der Süßwasserkalk und Schotter, ferner Conglomerate und Leithakalk, der Sand und Tegel mit Braunkohlen und zu unterst die Trümmer des Grundgebirges. Besonders der Sand und die mächtige Ablagerung des Tegels finden sich nach der Verschiedenheit der Petrefacten in äquivalente Schichten der Altersfolge nach abgetheilt, auch die höheren Küstenbildungen, so wie die durch allmähliche Zusammenpressung des Tegels entstandene muldenförmige Einsenkung dargestellt. Zur Linken zeigt der Wiener-Wald das Grundgebirge des Beckens mit den alpinischen Ueber- und Einlagerungen der Kalke und Sandsteine, den Jurakalk und den Wiener-Sandstein mit seinen Uebergängen von Jura in Lias und Keuper, endlich den Muschelkalk und den bunten Sandstein. Zur Rechten ist der Abhang des gegen das Ende der Tertiärzeit gehobenen Rosaliengebirges dargestellt, zum Theile noch mit braunkohlenführenden Schichten der Tertiärgebilde überdeckt. Das Grundgestein dieses Gebirges besteht aus Gneiss und Glimmerschiefer mit Uebergängen in ein grauackentartiges körniges Gestein und bedeckt von einzelnen Partien eines Grauackenkalkes. Diese Gesteine sind von Granit durchbrochen, der an mehreren Punkten zu Tage tritt ... “.

Damit erweisen sich die Fossilien auch in der

„ ... Schlußepisode der Geschichte der Entstehung der Alpen, jenes großen Kapitels im Aufbaue Europas ... “
(SCHAEFFER, 1906, S. 34)

als unerlässliches Hilfsmittel für eine genauere erdschichtliche Rekonstruktion. Die sogenannte zweite Mediterranstufe des Beckenrandes lagert unmittelbar dem so schwierig zu deutenden Schichtglied des Flysch auf.

CZJZEK konnte bei seiner Gliederung bereits auf Arbeiten von PREVOST zurückgreifen, der dieses

„ ... Bassin, an dessen Rande die Stadt Wien im Oesterreichischen liegt ... “,

der heute noch gebräuchliche Begriff „Basin de Vienne“ wurde erst einige Jahre später von Ami BOUÉ geprägt (KÜPPER, 1965, S. 47), in seinen Grundzügen schon mit erstaunlicher Klarheit erkannte. So untergliederte er die

„ ... Tertiäre oder neuere Formation ... “

in eine Meer- und eine Süßwasserformation und verglich die vorkommenden Conchylien mit anderen europäischen Vorkommen, wobei er mit jenen in Oberitalien große Übereinstimmung fand,

„... so sehr dieß auch durch hohe Gebirge getrennt ist; aber sehr wenige stimmen mit denen aus dem groben Kalk (*calcaire grossier*) der Gegend von Paris, überein ...“ (PREVOST, 1822, S. 72f).

Etwas mehr als ein Jahrzehnt später revidierte BRONN eine von HAUER angelegte Petrefaktensammlung und stufte aufgrund dieser Fauna das Becken als Miozän ein (vgl. HASSINGER, 1905, S. 13), entsprechend der von LYELL und DESHAYES aufgestellten Untergliederung der Tertiärformationen in Eocän, Miocän und Pliocän, deren Grundlagen der Prozentgehalt der betreffenden Ablagerungen an heute noch lebenden Schattieren war und somit nicht nur auf einer ausschließlich empirischen Beschreibung der fossilen Reste beruhte, sondern diese quantitativ zu erfassen versuchte. Der Blickwinkel der Fragestellung war jedoch bei den einzelnen Autoren sehr verschieden gelagert. Manche betrachteten vor allem die Faziesverhältnisse, andere die Morphologie, wieder andere den Fossilinhalt.

Zu letzteren gehört Moriz HOERNES, der 1848 ein Verzeichnis von Fossilresten aus 135 Fundorten des Tertiärs rund um Wien herausgibt, dem schließlich ein umfangreiches Fundamentalwerk über „Die fossilen Mollusken des Tertiär-Beckens von Wien“ folgen sollte. Da es sich um

„... Reste einer Schöpfungsepoche, die der unsern unmittelbar vorausging ...“

handelt (HOERNES, 1851, S. 93) und dieselben viel eher einen Vergleich mit den jetzt lebenden Formen gestatten, spielten sie in der späteren paläontologischen Beweisführung für die Deszendenztheorie eine bedeutende Rolle. Ausgehend von den Arbeiten PREVOSTS, die er ausdrücklich als Basis für seine eigenen Studien bezeichnet, kommt er zu einer aktualistischen Übertragung rezenter vertikaler Verteilungen mariner Mollusken in das Tertiär.

„... Ich habe nämlich beobachtet, dass ich trotz der häufigen Excursionen nach den Ziegelgruben von Baden, welche sich auf dem Wege von Baden nach Vöslau befinden, trotz der vielen Versprechungen und wirklichen Belohnungen, welche ich an die Arbeiter austheilte, von denen allein die Conchylien zu erhalten sind, da sie dieselben bei Gelegenheit der Gewinnung des Ziegelmateri als sorgfältig sammeln, doch nicht im Stande war, mehrere grössere Formen, welche Herr Custos PARTSCH während des Zeitraumes von 1820 bis 1830 gesammelt hatte, zu erhalten. Dieses Räthsel wurde bald durch Eröffnung einer neuen Ziegelgrube nächst Vöslau gelöst, denn hier fanden sich diese Formen in den oberen Schichten wieder, während man in den Ziegelgruben bei Baden in der letzten Zeit mehr in der Tiefe arbeitete ...“ (HOERNES, 1851, S. 98).

Erstmals werden auch Miocän und Pliocän als einander ähnliche Bildungen, deren Trennung auf irrigen Grundlagen der Prozentberechnungen beruhe, aufgefaßt und im Neogen vereint.

Die Notwendigkeit der Trinkwasserversorgung Wiens verliehen den geologischen Studien neuerlichen Auftrieb. Als richtungsweisend können die Arbeiten von Eduard SUESS gelten, wie eine Notiz HAIDINGERS (1862, S. 250) über den „Boden der Stadt Wien“ deutlich zum Ausdruck bringt.

„Mir gereicht es zu einem der höchsten Genüsse, des Erscheinens des gegenwärtigen Werkes noch Zeuge gewesen zu sein, und Ein Wort der Anerkennung seines Werthes ausgesprochen zu haben ... Als ich es zuerst zur Hand

nahm, war es mir unmöglich, es wieder weg zu legen, bevor ich die letzte Zeile desselben gelesen ...“.

Eine 1863 erscheinende kleine Notiz von SAEMANN (S. 104), die jedoch eigentlich von SUESS stammte (FUCHS, 1877b, S. 701), gab eine vollständig neue Gliederung des Wiener Beckens. Sie beruhte auf dem Absinken des Meeresspiegels als übergeordnetes Erklärungsprinzip, das sich auch bei den BARRANDESchen Colonien bereits als erfolgreich anwendbar erwiesen hatte. Eustatische Bewegungen des Meeres dienten als Anhaltspunkte für die weitere Gliederung bis zur

„... negativen Phase ...“

des Meeresrückzuges am Ende der sarmatischen Stufe (SUESS, 1888, S. 384). Die daraus sich konsequent ergebende Dreiteilung der Beckenauffüllungsmassen in eine marine, brackische und Süßwassergruppe wurde zwar weiter ergänzt, aber kaum mehr grundsätzlich verändert.

FUCHS weist bereits 1872 (S. 312f), basierend auf Geländestudien, die er gemeinsam mit KARRER durchführte, auf

„... eigenthümliche Störungen und Unregelmässigkeiten ...“

des Terrains hin und erläutert diese anhand einer Reihe ausgesuchter Beispiele. Nachdem er durch Tatsachen und Betrachtungen die Existenz einer selbständigen Bewegung loser Terrainmassen für hinlänglich erwiesen hält, ist auch die Möglichkeit ähnlicher Vorgänge bereits während der Ablagerung der Schichten von vorne herein zu bejahen. FUCHS (1872, S. 329) selbst führt eine kurze Mittheilung MALLETS,

„... Some remarks upon the movements of post-tertiary and other discontinuous masses ...“

im Journal der Geological Society of Dublin an, auf die er allerdings erst nach Abschluß seiner eigenen Arbeiten zufällig gestoßen war, der bereits mehr als zwanzig Jahre zuvor

„... wenn auch auf etwas anderen Wegen genau zu denselben Resultaten gelangt war ...“,

und dem daher die Priorität gebührt. Dennoch hat es bis zum Einsetzen der modernen Arbeiten der Erdölindustrie gedauert, bevor die Bruchtektonik des Tertiärs allgemeine Anerkennung fand. Es ist dies, schreibt KÜPPER (1865, S. 57),

„... um so erstaunlicher, als durch den Nußdorfer Bruch stark gestörtes Tertiär ... sichtbar war und auch als Sehenswürdigkeit beim Internationalen Geologenkongreß 1903 vorgeführt wurde. ...“

Dieser Auffassung, die Verteilung der Neogensichten sei die Wirkung von Denudation als Folge von Verwerfungen nach erfolgter Ablagerung, schließt sich auch HAUER (1875, S. 563f) in seiner umfassenden Geologie an. Von den drei Neogenstufen zeichnet sich besonders die mediterrane Stufe durch große petrographische Mannigfaltigkeit aus, mit der stets auch eine paläontologische Vielfalt einhergeht. Einige der bekanntesten Gesteinstypen gehören hierher, so der Leithakalk, der Tegel von Baden oder der Sandstein von Sievering. Die Verbreitung der brackischen Stufe, der Cerithienschichten, verfolgte SUESS (1866, S. 232) bis weit nach Nordost-Europa, von wo auch die Einwanderung ihrer Fauna erfolgt sein dürfte, und bezeichnete sie deshalb als „sarmatische Schichten“.

Es überrascht, dass die Bestrebungen zur Parallelisierung einzelner Schichtfolgen in den jüngeren Etagen des Tertiärs sich schwieriger gestaltet als in älteren Formationen. Für HOERNES, der 1875 (S. 631) eine Gliederung der

österreichischen Neogenablagerungen nach neuen Gesichtspunkten unternimmt, ist es

„... die Sucht, locale, mehr oder weniger genau bekannte Schichtfolgen einander schematisch gleichzustellen ...“, die zu argen Mißdeutungen führt,

„... zumal man eingestehen muß, dass oft nicht eine eingehende Untersuchung des gleichen oder verschiedenen Alters angestrebt wurde, sondern die Aufstellung einer an wohlklingenden Namen möglichst reichen schematischen Tabelle ...“.

Das größte Hindernis bildet dabei das Nebeneinander-vorkommen von lakustriner und mariner Entwicklung in fast allen Etagen der Neogenepoche. Die Reihenfolge der Faunen weist somit zwei Endglieder auf, eine rein marine und eine rein limnische, dazwischen liegen in der Hauptsache Mischungen. Dies legt der aktualistische Schluß beobachtbarer Aussüßungen von Meeresbecken nahe.

FUCHS (1877b, S. 697) zieht jedoch darüberhinausgehende grundlegende Schlußfolgerungen. Bedenkt man nämlich,

„... dass dort, wo in den Mediterran-Ablagerungen eingeschaltet, brakische und Süßwasserbildungen vorkommen, dieselben keineswegs die Fauna der sarmatischen Stufe oder der Congerien-Schichten führen, so wird die Sache noch viel räthselhafter und es drängt sich unwillkürlich die Ueberzeugung auf: dass die Veränderungen der Fauna, welche wir im ungarischen Neogenbecken beobachten, keineswegs einfach die Folge der veränderten äusseren Lebensbedingungen sind, sondern dass dieselben noch von ganz anderen Factoren bedingt werden, welche sich bis jetzt der wissenschaftlichen Erkenntniss vollständig entziehen. Ebenso wenig als wir im Stande sind, in den äusseren Verhältnissen einen Anhaltspunkt zu gewinnen, warum z.B. der artenarmen und einförmigen Vegetation des tropischen Afrika gegenüber das dürre Capland einen so beispiellosen Formenreichtum entwickelt, ebenso wenig sind wir bisher im Stande in den äusseren Verhältnissen einen Grund zu finden, warum gerade an diesem Punkte der Erde die Natur gewissermaßen jeden kleinsten Anlass benützte, um in so verschwenderischer Fülle immer neue und neue Organismen zu schaffen, während sie in den anderen Gebieten so hartnäckig an gewissen Typen festhält und sich selbst durch bedeutende äussere Eingriffe nicht in ihrem Gleichgewichte stören lässt. Alle diese Thatsachen wurzeln offenbar in der Eigenthümlichkeit des Lebens selbst, dessen complizirter innerer Organismus uns heute noch ebenso wenig wissenschaftlich fassbar ist wie jemals, wenn wir auch allerdings überzeugt sind, dass es einem inneren Gesetze gemäss verläuft ...“.

Besonders deutlich wird diese Eigenthümlichkeit in den Congerenschichten, die sich im alpinen Teil des Wiener Beckens in zwei scharf getrennte Ablagerungen unterteilen lassen, deren untere der Inzersdorfer Tegel und höhere der Belvedere-Schotter und -Sand ist (HAUER, 1875, S. 566). HAUER (1860, S. 3) selbst hatte den Tertiärgebilden in den Ebenen der Donau und ihrer Nebenflüsse umfangreiche Untersuchungen gewidmet, die unzweifelhaft zeigen,

„... dass die artenarme Fauna unserer sogenannten Congerien-Tegel oder Inzersdorfer Tegel, mit ihren zahlreichen Congerien oder Dreissenen, ferner mit zahlreichen Cardien, von denen einige von Eichwaldschen Arten kaum zu unterscheiden sind, dann mit ihren Paludinen, von denen Frauenfeld eine mit der lebenden Eichwaldschen *Paludina pusilla* identificirte, eine gewisse Analogie

mit der Aralo-Kaspischen Fauna darbietet, wenn auch wieder andere Arten, wie namentlich die *Melanopsiden* der Letzteren fehlen ...“,

Eine Kompilation seiner eigenen mit anderen Untersuchungen ergibt,

„... dass im ganzen südöstlichen Europa, vom griechischen Archipelagus angefangen, auf den Inseln sowohl als auf dem Festlande, dann weiter an der Küste von Macedonien und Thracien, an den Westküsten des schwarzen Meeres, in der Krim, nicht minder aber auch gegenüber in Klein-Asien in grosser Verbreitung Süßwasser-Gebilde der jüngeren Tertiärzeit vorkommen, welche nach Herrn Spratts Ansicht auf das Vorhandensein eines ungeheuren Süßwasser-Sees, oder vielleicht einer Kette von mit süßem Wasser gefüllten Becken in einer der gegenwärtigen kurz vorhergehenden Periode hindeuten, von Binnengewässern also in jenen Tiefen, welche gegenwärtig zum grossen Theile von dem Salzwasser des Aegäischen Meeres, des Marmora- und Schwarzen Meeres eingenommen werden ...“ (HAUER, 1860, S. 1).

Die Congerenschichten bilden zusammen mit den hangenden Paludinenschichten die pontische Stufe. Dieser vielgliedrige

„... Complex von Binnenconchylien führenden Tertiär-Ablagerungen ...“

dient NEUMAYR & PAUL zur Demonstration der Anwendbarkeit der DARWINSchen Theorie, und zwar

„... in so präciser Form ...“,

wie dies in der paläontologischen Forschung zuvor noch nie durchgeführt wurde (HOERNES, 1875, S. 644). Ihr berühmter „Beitrag zur Descendenz-Theorie“, der diejenigen scharf kritisiert, die diese Theorie

„... vielleicht anerkennen, aber deren Anschauungen zur Grundlage ihrer Arbeiten zu machen sich weigern und in einer Methode verharren, die vor dem Auftreten Darwins berechtigt, heute veraltet und unmöglich ist ...“ (NEUMAYR & PAUL, 1875, S. 103),

beginnt ebenfalls mit einer zusammenfassenden Darstellung der bisherigen wissenschaftlichen Arbeiten, die ihren Ausgangspunkt mit Suiten von Fossilien nahmen, welche STUR während seiner geologischen Aufnahmestätigkeit in Kroatien und Slavonien gesammelt hatte, und deren Bivalven die Aufmerksamkeit der Paläontologen so sehr auf sich zogen, dass HOERNES sie in sein grosses Werk über die Mollusken des Wiener Beckens aufnahm.

Zunächst galt es, die Congerenschichten als einen begrenzten geologischen Horizont zu bestimmen. Denn gerade auch die Arbeiten HAUERS zeigen die Schwierigkeit, tertiäre und diluviale Schichten zu unterscheiden. Um nun die Congerenschichten als festen geologischen Horizont benützen zu können,

„... müssen wir vor allem ganz willkürlich die Ablagerungen einer Gegend herausgreifen und nur die mit diesem lokalen Complexe gleichaltrigen Bildungen anderer Gegenden als Congerenschichten bezeichnen, die übrigen, ungleichaltrigen, wenn auch in der Faciesentwicklung nahe übereinstimmenden Bildungen dagegen ausschliessen. Geschieht dies nicht, so wird man Ablagerungen vom Miocän bis zum Diluvium in einen Horizont zusammenwerfen, wie dies in der That schon geschehen ist. Als ein derartiger Typus eignen sich wohl aus Zweckmässigkeitsrücksichten am besten die Brackwasserbildungen des Wiener Beckens, welche nach unten sehr bestimmt durch die sarmatischen Ablagerungen, nach oben we-

nigstens stellenweise ebenso scharf durch die Schichten von Moosbrunn mit *Vivipara Fuchsi*, *Valvata piscinalis*, *Hydrobia sepulchralis* und *Unio atavus* abgegrenzt sind ...“ (NEUMAYR & PAUL, 1875, S. 84).

Dabei gilt es aber zu berücksichtigen, dass das Wiener Becken nur eine kleine Bucht des riesigen Binnensees bildet, sodass sich im gesamten Becken noch weitere Faunen finden, die in erstere nicht eindringen, etwa die mittlere Fauna des ungarischen Beckens.

Die Ähnlichkeit zwischen den Faunen der Paludinschichten und auch der europäischen Miocän-Flora mit der rezenten Fauna und Flora Nordamerikas, lässt sich nur durch einen direkten Zusammenhang zwischen beiden erklären,

„... und in Folge dessen ist längst angenommen, dass bis gegen das Ende der Tertiärzeit eine Festlandsverbindung zwischen der alten und neuen Welt bestanden haben müsse; es ist also in dieser Richtung lediglich eine weitere Bestätigung längst bekannter Dinge, welche die Untersuchung der westslavonischen Binnenmollusken mit sich bringt. Dagegen ist es eine noch nicht vollständig entschiedene Frage, wo diese Verbindung stattgefunden hat und in dieser Beziehung werden wir einige Schlüsse ableiten können. Bekanntlich wurde und wird von manchen Forschern, namentlich von Heer und Unger die Ansicht aufgestellt und vertreten, dass die in Rede stehende Verbindung im Westen Europas durch eine Atlantis stattgefunden habe, dass sie durch einen Strich festen Landes vermittelt worden sei, welcher im Norden bis Island, im Süden bis zu den Azoren sich ausgedehnt hätte. Auf dem grössten Theil dieser Region haben wir jetzt Meerestiefen von mehr als 2000 Faden, und grosse Gebiete derselben liegen mehr als 4000 Faden oder 24.000 Fuss unter dem Meeresspiegel, und bis in diesen riesigen Abgrund soll das ungeheure Ländergebiet der Atlantis seit den letzten Phasen der Tertiärzeit versunken sein. Lyell führt die Unwahrscheinlichkeit einer so colossalen Niveauverschiebung, gegen welche die Entstehung eines Alpengebirges als eine Kleinigkeit erscheint, während des kurzen Zeitraumes der Diluvialzeit als schwerwiegenden Beweis gegen die Annahme einer Landverbindung im Westen an, und in der That will ein solcher Vorgang mit den gegenwärtigen Anschauungen, welche die gewalthätigen Hebungstheorien mit Recht bei Seite gelegt haben, sich kaum in Einklang bringen lassen. Diesen Schwierigkeiten begegnet, wie Lyell bemerkt, die Annahme einer Verbindung zwischen dem nordöstlichen Asien und dem nordwestlichen Amerika, also etwa durch ein Aleutenfestland, nicht, indem wie Lyell hervorhebt, hier keine bedeutenden Meerestiefen sich befinden ...“ (NEUMAYR & PAUL, 1875, S. 91).

Die über die Reliefverhältnisse LYELLS hinausgehende Beweisführung für die Existenz einer solchen asiatisch-amerikanischen Festlandsverbindung gibt NEUMAYR & PAUL (1875, S. 93) die Gelegenheit zu einer wissenschaftstheoretischen Reflexion über die Methode der paläontologischen Untersuchung und der Kombination mit den geologischen Daten, die Schlüsse zu ziehen erlaubt, über die Art und Weise der Abänderung im Lichte der Deszendenztheorie als einer

„... wissenschaftlich berechtigten Form ...“.

Denn das Beschreiben und Abbilden neuer Formen ist nicht der letzte und wichtigste Zweck, sondern notwendige Grundlage für den direkten analytischen Beweis

der Veränderlichkeit der Arten. Vor allem ist es dazu erforderlich,

„... mit dem Vorurtheil zu brechen, dass all das vereinigt werden müsse, was durch Uebergänge mit einander in Verbindung steht; es ist dies eine verderbliche *petitio principii*, durch welche von vorne herein das was geprüft werden soll, die Constanz der Species als erwiesen angenommen und das Material gefälscht wird, nach welchem diese Fundamentalfolge der Naturgeschichte entschieden werden soll ...“.

Das führt geradewegs auf die vieldiskutierte Frage,

„... welchen Einfluss auf die systematische Behandlung die geologischen Daten ausüben sollen oder dürfen ...“.

Die Ansicht, der Forscher habe den Paläontologen und Geologen in sich strikt zu trennen, erweist sich als Extrem in der einen wie in der anderen Richtung als falsch,

„... es ist entschieden verwerflich, lediglich nach dem Lager übereinstimmende Formen zu trennen, oder von einander abweichende zu vereinigen; andererseits aber wird man mit vollem Recht eher geneigt sein in zweifelhaften Fällen auf kleine Differenzen hin zu trennen, wenn mit der Verschiedenheit der Form auch Verschiedenheit des Lagers Hand in Hand geht ...“ (NEUMAYR & PAUL, 1875, S. 95)

Nur wenn eine Art nach Lager und Form bekannt ist, ist es möglich dieselbe wirklich zu erkennen.

Aus einer solchen Beobachtung ergibt sich, dass einerseits die Vollständigkeit der Formenreihen abhängig ist von der Anzahl der vorliegenden Exemplare und Horizonte, sowie der Kenntnis des Bildungsraumes, andererseits die morphologischen Gebiete mit den genetischen Einheiten korrelieren. Damit ist

„... klar, dass von einer Constanz der Art nicht die Rede sein kann; diese ist unvereinbar mit der Thatsache, dass bei manchen Formen eine allmähliche Veränderung bis zu einem Betrag vorliegt, welcher generische Abtrennung rechtfertigt; selbst die Ausflucht, dass die Species dieselbe geblieben sei, nur andere Gestalt angenommen habe, eine Ausflucht, die den Begriff opfert um ein Wort zu retten, ist den divergirenden Reihen gegenüber unmöglich ...“ (NEUMAYR & PAUL, 1875, S. 105).

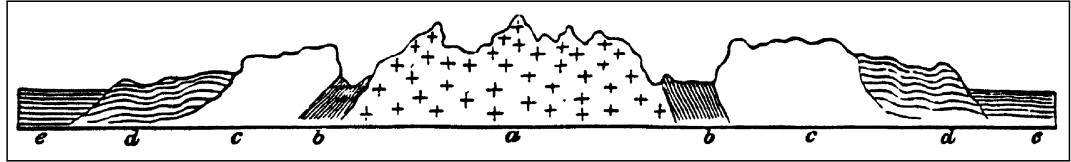
Die Zuchtwahl,

„... unwiderleglich bekundet ...“,

ist dabei ein Faktor von ungeheurer Wichtigkeit, doch darf die Wirkung der äußeren Verhältnisse nicht unterschätzt werden.

Erst dadurch, dass die Fossilien eine Lebens-Geschichte offenbaren, erhält auch die Biostratigraphie eine historische Dimension und wird zur Erd-Geschichte. Damit werden Aussagen über Geschehnisse möglich, die sich der direkten Beobachtung entziehen und die somit außerhalb des deskriptiven Beschreibungsideals der induktiv-empirischen Erfahrungswissenschaft liegen. Die abduktive Methode des Schließens von bekannten Wirkungen auf unbekannte Ursachen unterscheidet, worauf bereits PEIRCE hinwies, die Erdwissenschaften signifikant von den physikalisch-chemischen Wissenschaften (ENGELHARDT & ZIMMERMANN, 1982, S. 102f). Dennoch wurde, so absurd es erscheinen mag, die „Historische“ Geologie auch in unserer Zeit immer wieder in Frage gestellt, hauptsächlich wohl weil man fürchtet, mit der Nähe zur Geschichte könnte sie zur Geisteswissenschaft „entwertet“ werden. So versucht etwa SCHWINNER (1943, S. 130f) sie als eine rein beobachtende und beschreibende Wissenschaft zu cha-

Abb. 4.
Franz von HAUERS Ideal-
profil durch die Alpen
(1878, Fig. 27).



rakterisieren, was einem Rückgriff auf das aristotelische Verständnis von Natur-Geschichte gleichkommt. Gerade das

„... *Wurzeltreiben in die Vergangenheit hinein* ...“ (RATZEL, 1907, S. 44)

hat die Erdwissenschaften neu belebt, indem zwischen Ursache und Wirkung ein realer zeitlicher Zusammenhang hergestellt wird.

„In der Geologie hat das Zeitverständnis gegenüber anderen Naturwissenschaften einen ausdrücklichen praktischen und anschaulichen Bezug. Zeit wird vom Geologen nicht einfach theoretisch reflektiert, sondern kommt z.B. in der stratigraphischen Schichtung, im Aufbau der Horizonte zum Ausdruck ...“ (WENIG, 1988, S. 21).

Es stellt sich dann die Frage, wo die methodisch der Historischen Geologie völlig gleichzuhaltende Urgeschichte einzuordnen sei. Vielmehr kann weniger als je zuvor von einer rein empirischen Wissenschaft die Rede sein,

„... es ist eine entwickelnde geworden oder seiner Natur nach immer gewesen ...“ (HENNIG, 1943, S. 169f).

Schon hundert Jahre zuvor hat COTTA (1850, S. 1) diese Frage klar und eindeutig beantwortet, wenn er feststellt, dass

„... auch der Mensch und seine Entwicklung mit in die Geschichte der Erde ...“

gehören,

„... denn ich gebe nicht zu, dass die Geologie da aufhört, wo die Geschichte anfängt, sondern ich betrachte die Geschichte als den neuesten Abschnitt der Geologie ...“.

Die theoretische Philosophie ist zu jener Zeit, wie HAARMANN (1935, S. 275) es formuliert,

„... entwertet ...“.

Nur die Feststellung einer Tatsache, und nur eine solche, galt als Wissenschaft.

„Sind wir doch ...“,

kritisiert VOGELSANG (1867, S. 2) nicht ohne Spott seine Zeitgenossen,

„... so sehr an Messen und Wägen und Zahlen gewöhnt, dass wir dereinst im Himmel jedenfalls zuerst nach mathematischen Formeln, oder in der Hölle nach chemischen Reaktionen fragen werden ...“.

Die Erneuerung der

„... philosophischen ...“

Erdwissenschaften, allerdings nicht mehr in ihrer spekulativen Form, sondern indem

„... durch unmittelbare Beobachtung festzustellende Tatsachen ...“

durch

„... allgemeine Gesetze in Zusammenhang ...“

gebracht werden (HAUER, 1875, S. 2), um dann dem Prüfstein der Erfahrung unterworfen zu werden, sollte noch vor der Jahrhundertwende, allerdings nicht von der Stratigraphie, die freilich in einem dafür ausreichenden Maße gesichert sein mußte (HAMMER, 1925, S. 124), sondern von ganz anderem Gebiet, den tektonischen Fragestellungen, seinen Ausgangspunkt nehmen. Nach wie vor deutete man die Gebirge im Sinne einer einfachen antiktinalen

Hebung, wie das Ideal-Profil durch die Alpen (Abb. 4) deutlich zeigt.

Ausgehend von einer Zentralkette kristallinischer Gesteine, in der Abbildung mit a bezeichnet, zeigt dieser Nord-Süd-Schnitt symmetrisch zu beiden Seiten Grauwackenzone (b), Kalkzone (c), Sandstein- und Kreidekalk-Zonen (d) sowie Tertiär- und Diluvialgebilde (e). Gegenüber der Schichtenfolge, die am Ausgangspunkt der Betrachtungen stand, hatte zwar das Bild der Formationsreihen eine feinere Gliederung erfahren, die Vorstellungen vom grundsätzlichen Bau und seiner Entstehung waren jedoch gleichgeblieben.

Den Anfang der Erneuerung markiert der 1883 erschienene erste Band des „Antlitz der Erde“, endgültig durchzusetzen vermochte sie sich auf dem IX. Internationalen Geologencongress 1903 in Wien.

4. Otto AMPFERER (1875–1947) – Hypothesen- und Theorienbildung im Ostalpinen Orogen

Die immer detaillierter untersuchte Stratigraphie ermöglichte erst eine genauere tektonische Analyse des so kompliziert gebauten Ostalpenkörpers, des

„... locus classicus eines komplizierten Orogens schlechthin ...“ (TOLLMANN, 1974, S. 58).

Mit den Alpen sind alle tektonischen Theorien verbunden, sei es, dass sie aus deren Problemen entwickelt wurden oder ihre Gültigkeit sich an ihnen zu erweisen hatte (PILGER, 1978, S. III). Leopold von BUCH, ein Schüler WERNERS, gelangt auf einer Reise zu den Kanarischen Inseln im Jahr 1815 beim Anblick der Caldera von La Palma zur Überzeugung, Vulkanbauten entstünden durch Erhebung (BRINKMANN, 1946, S. 3). Er überträgt diese Vorstellung in weiterer Folge ganz allgemein auf die Entstehung von Gebirgen, die durch vertikal aufwärts dringende magmatische Massen gehoben würden. Mit dieser Erhebungstheorie liefert er erstmals eine in sich geschlossene Vorstellung über die Entstehung der Alpen und nimmt in Grundzügen Ursachen vorweg, die später HAARMANN seiner Oszillationstheorie zugrundelegte. BUCHS dualistische Theorie einer gemeinsamen Ursache von Vulkanismus und Gebirgsbildung beherrschte die geologische Forschung ein gutes halbes Jahrhundert, denn die Theorie einer Gebirgshebung durch elastische Dämpfe von HOPKINS ist, wie SUESS (1875, S. 2) in der Einleitung seiner „Entstehung der Alpen“ schreibt, nur eine geringe Abänderung. Und so ist

„... die in unseren Lehrbüchern herrschende und von deutschen Geologen heute noch am häufigsten geäußerte Meinung ...“

jene,

„... dass durch das Herauftreten einer starren oder halbstarren oder feurig flüssigen Gesteinsmasse längs einer Linie, oder durch Emporpressung von Gesteinen längs einer Linie, der Gebirgsaxe, die oberen Schichten der Erde nach rechts und links auseinander getrieben und so die Gebirgsketten aufgerichtet worden sind ...“.

Die für HAUER (1878, S. 204)

„... *ansprechende, aber zweifellos kühne* ...“

Theorie, mit der SUSS die Gebirgsbildung in einen globalen, den ganzen Erdkörper umfassenden Zusammenhang stellt, bezeichnet HENNIG (1934, S. 294) als das

„... *Geburtsjahr der heutigen Alpen-Tektonik, der Lehre vom Hochgebirgsbau überhaupt* ...“.

1875 wird die Auffassung eines symmetrischen Baues der Alpen, beruhend auf nördlich und südlich der Zentralzone liegenden Kalkzonen, ebenso überwunden, wie vertikal, von unten nach oben gerichtete Kräfte als Ursache und eine aktive Beteiligung des Magmas. Vulkane und Erdbeben sind nur Begleiterscheinungen, nicht jedoch Ursachen der Störungen. Die Kontraktions- oder Schrumpfungstheorie, die Albert HEIM (1878) durch seinen berühmten Vergleich der Erde mit einem austrocknenden und schrumpfenden Apfel verdeutlichte, schon 1852 von Elie de BEAUMONT formuliert, stand ganz auf dem Boden der LAPLACE'schen Nebularhypothese. Sie war jedoch nicht weniger fixistisch als die Hebungstheorie BUCHS. Das „Antlitz der Erde“ sprach den Kataklysmen in der Edgeschichtete erneut eine gewisse Berechtigung zu und wies in diesem Sinne eine radikale Deszendenzlehre in ihre Schranken. Schon BEAUMONT suchte Zusammenhänge zwischen der geometrischen Verteilung und der Altersfolge der Gebirge einerseits und den paläontologischen Kenntnissen andererseits herzustellen. Die Erhebung der Gebirgsketten als Ursache von Kataklysmen wird lebhaft diskutiert. Dennoch kann BEAUMONT'S Theorie nicht vorbehaltlos, wie bei ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, S. 357), als Anschluß an die Katastrophentheorie CUVIERS betrachtet werden.

Die Wende vom Fixismus zum Mobilismus vollzog sich in der Geologie in zwei deutlich getrennten Etappen (vgl. TOLLMANN, 1974, S. 54). Der Pariser Professor Marcel BERTRAND begründet 1884 die Deckenlehre. Er übertrug seine Erkenntnisse über das nordfranzösische Steinkohlenbecken, in dem Devon und Unterkarbon flach auf flözföhrndes Oberkarbon geschoben sind, auf die Glarner Doppelfalte, die er nur aus der Literatur kannte und die er nicht als zwei zueinander gerichtete liegende Falten, sondern eine von Süden gegen Norden gerichtete liegende Faltenüberschiebung darstellt (vgl. PILGER, 1978, S. 13f). In seinem „Bau und Bild Österreichs“ entwickelt DIENER eine ungefähre Resultante,

„... *um 1903 vor dem Internationalen Geologenkongreß in Wien ein wohlgeordnetes Bild der Ostalpengeologie vorzustellen. Gerade in diese Idylle brach überfallsartig (Vortrag von Lugeon: Les nappes de recouvrement des Alpes Suisses) eine tektonische Denkweise ein, welche die glücklich abgebogenen Gewaltigkeiten von Ed. Suess wieder aufnahm und noch weiter überbot. In die Ostalpen drang diese Lehre (nappisme) ein mit Termiers Synthese des Alpes (1904). Wenn es je einen durchschlagenden Erfolg gegeben hat, ist es dieser! Sachlich ist er allerdings schwer zu erklären: selten ist eine gewagte Hypothese mit so geringem Gepäck an Beobachtungstatsachen in die Welt geschickt worden* ...“.

Für SCHWINNER (1940, S. 266f), von dem diese Skizze der Ereignisse stammt, ist TERMIER

„... *glatt und logisch, logisch bis zum Absurden* ...“.

Wird dem Körper artfremdes Eiweiß injiziert, so gibt das Fieber. Und nur so könne diese

„... *artfremde Injektion der deutschen Geologie* ...“, wir schreiben das Jahr 1940, durch den

„... *Halbjuden Suess* ...“

gesehen werden. Das ganze Ausmaß der neuen Erkenntnisse des Deckenbaues,

„... *die tatsächliche enorme Intensität und Weite der horizontalen Verfrachtungen in den Ostalpen* ...“ (TOLLMANN, 1961, S. 440)

wurde aber erst in der zweiten Hälfte des 20. Jahrhunderts erkannt.

Unter dem Einfluß des Internationalen Geologenkongresses in Wien änderte nicht nur Albert HEIM seine Meinung und wurde zum entschiedenen Vertreter einer nordwärts gerichteten Glarner Überschiebung, wenig später eröffnete Pierre TERMIER mit seiner Übertragung der Deckentheorie von den Westalpen in die Ostalpen die mehr als 50 Jahre andauernde Diskussion über das Tauernfenster und den Ferndeckenschub. In diese Zeit des großen Umschwungs in der Auffassung der Ostalpengeologie fällt zeitlich in etwa der Beginn der Aufnahmestätigkeit von Otto AMPFERER. Es lag daher geradezu in der Luft, dass sein Blick

„... *von Anfang an auf die Bedeutung der großen Überschiebungen hingelenkt wurde, die damals in den Ostalpen – abgesehen von den ebenfalls um die gleiche Zeit herausgekommenen Untersuchungen von Rothpletz – noch so gut wie unentdeckt waren* ...“ (CORNELIUS, 1951, S. 204).

Wo jüngere Schichten unter ältere abtauchten, pflegte man kurzerhand eine senkrechte Verwerfung zu zeichnen, wie ungewöhnlich das solcherart zustandekommende tektonische Bild auch immer sein mochte. Konsequenterweise beginnt AMPFERER seine berühmte Abhandlung „Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen“ (1906) daher mit einer Kritik der SCHARDT-LUGEON'Schen Überfaltungshypothese. Anders als Wilhelm HAIDINGER und Franz VON HAUER, seine beiden berühmten Vorgänger als Direktoren der Geologischen Reichs- bzw. Bundesanstalt, hat er sein geologisches Weltbild niemals in einem einzigen Werk zusammenfassend dargelegt. Seine zahlreichen Publikationen zeigen aber in ihrer zeitlichen Aufeinanderfolge das konsequente Reifen der Unterströmungstheorie, deren empirische Basis außerordentlich genaue feldgeologische Aufnahmsarbeiten bildeten. Wenn die Bezeichnung „Feldgeologe“ auf einen Geologen uneingeschränkt zutrifft, dann ist das Otto AMPFERER.

„*Es ist ein herrliches, entzückendes Bewusstsein, das Bewusstsein in den Alpen zu sein* ...“.

Diesem Satz voll bewundernden Lobes für die Schönheit der Berge, den Bernhard COTTA 1850 (S. 96) in seinen Geologischen Briefen schrieb, hat AMPFERER wohl uneingeschränkt zugestimmt. Schon im Alter von zehn Jahren lockte ihn die Bergsteigerei, wie er später in Erinnerungen schrieb.

„*Diese Sehnsucht nach neuen Wegen und neuen Abenteuern umgab unsere Jugend mit einer bunten Welt von Plänen, von Geheimnissen und Offenbarungen, die damals unsere geistige Kraft und unsere Liebe waren. Diese Welt war damals auch eine rein persönlich geschaffene. Sie fand auch kein Verständnis, keine Anerkennung in unserer Umgebung. In Innsbruck, das heute von alpinem Leben förmlich überschäumt wie kaum eine zweite Stadt der Alpen, lebte damals nur eine Handvoll Bergsteiger, eine kleine Schar von Begeisterten und Einsamen, welche das Hochgebirge regelmäßig wie die Frommen ihre Kirche besuchten. Auch von diesen fühlten nur wenige den Drang, von den bekannten Wegen abzuweichen und in*

der Fels- und Schnee-Einöde nach neuen Schönheiten und Erlebnissen zu suchen. Wir waren ein kleiner Kreis von Mittelschülern, deren Unternehmungen und Pläne sowohl daheim als auch in der Schule mit Mißvergnügen und Abmahnungen beobachtet wurden. So hüllten wir unsere Absichten in Schweigen und waren immer froh, aus der Stadt in die Freiheit des Gebirges entfliehen zu können ...“ (AMPFERER, 1931, S. 283).

Als armer Student der Innsbrucker Hochschule versuchte er mit Aufsätzen über die Berge etwas Geld zu verdienen. Die Lage der Stadt mit ihren prachtvollen Bergen, dem hohen Brandjoch, der schönen Serlos und dem Eisriesen des Habicht, prägten den jungen Mann.

„... Gedanken und Ideen beleben förmlich das Gefels, man wandert erstaunt von einer architektonischen Überraschung zur anderen, man ergibt sich in den Schwung des unaufhörlichen Formenreichtums, der auch die eigene Phantasie nicht zur Ruhe kommen läßt. Man ist entzückt über die unglaublichen Variationen der wenigen Motive, über den Bänderschmuck der großen Wände, über die gebrochenen Vertiefungen der Schluchten und Risse, über die phantasievollen Verzierungen der Grate mit Steinbüsten und Felsgeschnörkel ...“ (AMPFERER, 1902, S. 19).

Seine

„... innerste und beste alpine Kraft ...“

bestand in einem

„... unglaublichen Optimismus, in ungebundenem Leichtsinne und unzerstörbarem Selbstvertrauen ...“,

wie er später in den Erinnerungen an eines seiner wohl schönsten Erlebnisse in den Bergen, der Erstbesteigung der Guglia di Brenta, schreibt (AMPFERER, 1936, S. 183).

Dieses Wissen um die Liebe zu den Bergen seit Jugendtagen ist notwendig, um die Aufnahmestätigkeit im Gelände in ihrer ganzen Bedeutung für AMPFERERS Lebenswerk richtig einschätzen zu können. Zwar haben die Götter der alten Völker ihre irdischen Wohnstätten verlassen,

„... aber ein Hauch des Göttlichen und Unendlichen ist dem Hochgebirge doch noch verblieben ...“ (AMPFERER, 1931, S. 285).

Seine Notizbücher verzeichnen nach Angaben von CORNELIUS (1951, S. 200) über 4000 Exkursionstage. Freilich ist die Naturbetrachtung des Bergsteigers und des Erdwissenschaftlers

„... eine recht verschiedene ...“,

und doch ist ihnen auch viel gemeinsam,

„... vor allem die Freude am Naturgeschehen, die unstillbare Lust am Erfinden neuer Pfade und das selige Einfügen in ihre Einsamkeiten ...“ (AMPFERER, 1931, S. 283).

Und wenn AMPFERER (1931, S. 284) auch für ein konsequente Erforschung mit allen in der Natur möglichen Sinnesempfindungen eintritt:

„... Im Wald sollte man ohne Schuhe gehen. Die harten Schuhe zerstören das feine Befühlen und das innige Bekenntnis zum lebendigen Boden ...“,

so ist er sich doch der überragenden Bedeutung visueller Wahrnehmungen für die Erdwissenschaften bewußt.

„... Wir hörten oft die Frage: Wie ist denn eigentlich die geologische Einsicht zustande kommen, die uns heute befähigt, zahlreiche Ereignisse geistig zu umfassen, welche lange vor dem Auftreten des Menschengeschlechtes sich auf der Erde vollzogen haben? Die bei weitem reichsten und genauesten Erfahrungen über die uns umschließende Außenwelt verdanken wir unseren Augen ...“.

Aber nicht das Sehen, wie es im gewöhnlichen Leben Anwendung findet, sondern ein Schauen, das durch innerliche, planmäßige Ordnung eine geistige Zusammenfassung ermöglicht ist es, was

„... den Geologen befähigen kann, Räume von unabsehbarer Größe, Bewegungen von höchster Gewalt, Zeiten von unendlicher Spannweite zu seinen Weltbildern zu vereinen ...“ (AMPFERER, 1942, S. 234).

Es bildet die Basis für die feldgeologischen Arbeiten, auf deren Fundamenten ein großer Teil des Lehrgebäudes der gesamten Geowissenschaften aufgebaut ist. Deutlich wird der Unterschied, wenn man

„... von einem Ungeübten sich einen Eindruck genau beschreiben ...“

läßt und ihn mit dem eigenen vergleicht,

„... wobei man dann auffällig genug bemerkt, wie in dem Bilde die eigene Kraft, Geschwindigkeit und Erfahrung gleichsam den Inhalt der Formen ausmacht ...“ (AMPFERER, 1931, S. 281).

In seinen zahlreichen Reflexionen über die den Erdwissenschaften zugrundeliegende Methodik, hat sich AMPFERER auch ausführlichst mit der Aufnahmestätigkeit im Gelände beschäftigt, was sein eigener wissenschaftlicher Werdegang mit geradezu zwingender Notwendigkeit nahelegte. Er hatte im Sommer 1896, wie er selbst schreibt,

„... mit Freund Hammer die Neuaufnahme des südlichen Karwendelgebirges in Angriff genommen, mit einer offen gesagt für eine so schwierige Aufgabe unzureichenden Vorbildung und ohne jede feldgeologische Erfahrung. Da galt es zunächst reichlich Lehrgeld zu bezahlen ...“.

Darin spiegelt sich ein bis heute unverändert gebliebenes Problem der Vermittlung erdgeschichtlichen Wissens an den jungen Lernenden wieder.

„Wer seine Geologie aus Lehrbüchern und aus Sammlungen bezogen hat, hält sich gerne an der Meinung fest, dass die einzelnen geologischen Stufen durch sehr charakteristische Fossilreste ausgezeichnet sind. Ebenso scheinen ihm die Unterschiede der verschiedenen Gesteinsarten auffallend und merkbar zu sein. Er vergißt aber dabei, dass die Sammlungen eben nur ausgesuchtes selten schönes Material vereinigen, in einer Zusammenstellung, welche mit Absicht die gewünschten Unterscheidungen steigert, einerseits durch Weglassung der verwischenden Übergänge, andererseits durch Aneinanderrückung sogenannter typischer Stücke. Es gilt dies für die Fossilien gleicherweise wie für die petrographischen und mineralogischen Schaustücke ...“ (AMPFERER, 1925, S. 3).

Entscheidend für die weiteren theoretischen Überlegungen ist also, welches Maß an Verlässlichkeit mit den verfügbaren Mitteln und Aufschlußverhältnissen erreichbar ist. AMPFERER (1925, S. 6) beschreibt verschiedene Vorarbeiten, die für eine Optimierung der Ergebnisse unerlässlich sind, und in denen sich zugleich seine eigene Vorgangsweise spiegelt. Das ist zunächst die Kenntnisnahme der bereits vorhandenen Arbeiten. Man kann dies zwar auch unterlassen und sich erst später in die Literatur einlesen,

„... um ganz unvoreingenommen zu bleiben, doch ist dies meist mit einigem Schaden und unnötigen Laufereien verbunden ...“.

Im Feld selbst ist es unerlässlich, sich zunächst mit der Beschaffenheit des ganzen Gebietes vertraut zu machen. Die Art, wie AMPFERER die Aufnahmogeologie betrieb, bestätigte

„... aufs neue ihren Rang und ihre Bedeutung, das zugleich Elementare und Souveräne, das sie für alle geologische Erkenntnis bietet ...“ (KLEBELSBERG, 1949, S. 93).

So gelangte er im Herbst 1901 zur Erkenntnis der großen Karwendelüberschiebung und berichtete darüber

„... voll Freude ...“

seinem Chefgeologen, M. VACEK.

„Junger Freund ...“,

sagt ihm dieser,

„... das ist eine ganz faule Geschichte. Hier handelt es sich nicht um Überschiebungen, sondern nur um Einlagerungen jüngerer Schichten in ein älteres Relief. Gehen Sie nur nochmals hin und sehen Sie genauer zu ...“.

Also stieg AMPFERER im Frühjahr 1902,

„... sobald es der Schnee erlaubte, wieder aufs Stanserjoch, wo Adolf Pichler schon 1863 die prachtvolle Aufschiebung des Bundtsandsteins auf ein Gewölbe von Wettersteinkalk klar erkannt hatte, und hinunter in die Eng, und auf die schönen, stolzen Querkämme von Gamsjoch und Falken. Diesmal gabs aber keinen Zweifel mehr an der Überschiebung und ich konnte im Jahre 1903 die Beweise für die Karwendelüberschiebung vorlegen, damals die erste kartographisch weithin verfolgte Großüberschiebung unserer Nordalpen ...“ (AMPFERER, 1925, S. 4).

„... Die Einsicht, dass diese ungeheuren Massen von Triaskalken mit ihren 1000 m hohen Wänden weithin in einheitlicher Bewegung auf einen vor allem aus Jura und Kreide bestehenden Untergrund vordrangen, war mir eine überwältigende, welche die Phantasie restlos gefangen nahm. Die Meinung, dass so gewaltige Massen, die scheinbar zu den schwersten und festesten Bauwerken der Erde zählen, entwurzelt und weithin verschoben werden können, hatte damals für die jungen Alpengeologen eine verführerische Anziehungskraft ...“ (AMPFERER, 1937, S. 91).

Unter diesen Eindrücken ahnt AMPFERER bereits 1904 (S. 87), dass auf fast allen Forschungsfeldern der Alpengeologie

„... neue, umstürzende Entdeckungen oder Gedankeneinflüsse im nahen Bereich der Möglichkeit, ja vielmehr in dem unserer Hoffnungen liegen ...“.

Diese Fortschritte setzen nun zwar eine Induktion voraus, aber zu lösen ist die große Aufgabe nur mit Hilfe fortgesetzter theoretischer Überlegungen, die zu immer neuen Fragestellungen führen und zu immer weiterer Vertiefung der Feldgeologie zwingen, denn

„... die Natur gibt ihrem Prüfer höchstens auf so viele Fragen Antwort, als er ihr zu stellen vermag. Wer daher mit einem reicheren Vorrat überlegter Möglichkeiten herantritt, wird unter sonst gleichen Bedingungen eine vollere Ernte an Beobachtungen zu erwarten haben ...“ (AMPFERER, 1920, S. 136).

In der Konstruktion erdwissenschaftlicher Theorien, als Vernetzung induktiv begründeter Hypothesen, auf dem Material der empirischen Basis aufbauend, liegt daher die höchste Stufe geologischer Forschungstätigkeit. Sie sind nicht nur Resultat, sondern zugleich auch Instrument des weiteren Erkenntnisfortschrittes.

Da in keiner anderen Wissenschaft

„... der Schatz der gesicherten Beobachtungen im Vergleich zum Unerforschten, zur Unendlichkeit des Möglichen ...“

so bescheiden ist wie in der Geologie, gehören Hypothese und Theorie zum

„... unumgänglichen täglichen Werkzeug des Forschers ...“.

Mit dieser Feststellung leitet AMPFERER (S. 539) seine berühmte theoretische Schrift „Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen“ aus dem Jahre 1906 ein, in der die Frage nach der Berechtigung der SCHARDT-LUGEONSchen Überfaltungshypothese nur einen Teil der gestellten Aufgabe bildet, auf neuem Weg zu neuen Entscheidungen und Kriterien über die Entstehung der Faltengebirge zu gelangen. Dabei wählt er als Ansatz nicht mehr die Frage nach der Entstehung der regelmäßigen Faltung, sondern vielmehr jene nach der Bildung der Störung, deren Ursache entweder eine der Ablagerung, Verwitterung oder Tektonik sein kann. Die deduktive Schrift bedeutete eine harte Absage an die kontraktionstheoretische Gesamtkonzeption, die fast hundert Jahre lang wichtige Erscheinungen verständlich machen konnte,

„... bestach sie doch durch die Einheitlichkeit ihrer kosmologischen Deutung als Fortsetzung der Abkühlungsvorgänge des heißen Erdballes gegen den kalten Himmelsraum ...“ (KRAUS, 1958, S. 261),

obwohl, wie AMPFERER (1944, S. 107) selbst später feststellte, Kontraktion und Unterströmung keineswegs von vorneherein gegenseitig zwingend ausschließen. Vielmehr kann Unterströmung auch bei Kontraktion noch stattfinden. Die Kontraktionstheorie war in den letzten Jahren des 19. Jahrhunderts unleugbar schon dadurch in eine Krise geraten, dass isostatische Anwendungen auf die Erdkruste, wie sie DUTTON 1889 erstmals vorgenommen hatte, kaum mit ihr vereinbar waren (vgl. FLÜGEL, 1980, S. 250).

Mit der grundsätzlichen Annahme einer Abgrenzung von weichen und festeren Feldern der Erde durch die Gewalt eines allseitigen Zusammenschubes, wie sie der Kontraktionstheorie zugrundeliegt, bieten sich nicht oder nur unzureichend erklärbare Erscheinungen als Ansatzpunkte zur Umkonstruktion der bisherigen Vorstellungen dar. Dazu dienen auch eine Reihe von Vorbemerkungen, etwa über Größe und Gestalt der Erde, die Druckfestigkeit von Granit und die Größe der Faltungskraft. Eine Vielzahl an graphischen Darstellungen sollen die Einbeziehung einer dritten, vertikalen Dimension, die über die bisher angenommenen Tangentialbewegungen der Erdoberfläche hinausgeht und ein wesentliches Element der neuen Konstruktion bildet,

„... scharfen, klaren Ausdruck ...“

verleihen und sie dadurch leichter verständlich machen. Damit ist bereits jener wichtige Schritt zur Beschreibung der Erdkugel vollzogen, der es ermöglicht, die äußere Kugelschale durch Kräfte zu charakterisieren,

„... welche jeden ihrer Teile gegen die Oberfläche zu bringen vermögen ...“ (AMPFERER, 1906, S. 542).

Diese

„... Mischungszone ...“

ist einer sehr unregelmäßigen, doch stetigen Umarbeitung unterworfen. Sie ergibt sich als Konsequenz der Analogie des Planeten Erde mit den anderen Weltkörpern, vor allem von Sonne und Mond, deren Oberflächen bereits als gut erforscht galten. AMPFERER (1939, S. 337f) hat dies in einer seiner zahlreichen Schriften, mit denen er in weiterer Folge seine Vorstellungen von der Unterströmungslehre zu stützen und zu festigen versuchte, näher ausgeführt.

„... Was lehren uns nun diese Bilder [von Sonne und Mond, Anm.] für unsere Fragestellungen? Zunächst tritt

hier die vollendete Kugelform klar und deutlich in unsere Augen. So prachtvoll die Rundungen ausgeglichen und abgedreht erscheinen, ebenso eindringlich zeigen sich daneben Unregelmäßigkeiten und Abweichungen. Wenn diese Abweichungen von der Kugelform auch sehr geringfügig sind, so treten sie uns auf der erstarrten Oberfläche des Mondes ebenso bestimmt entgegen wie auf der glühenden Sonnenkugel ... “

Zieht man auch noch die

„ ... ungeheure Entfernung der Sonne ... “

in die Überlegungen mit ein, so kann man nicht zweifeln,

„ ... daß die Oberfläche dieser feurig wogenden Kugel zum Lebendigsten gehört, was uns der Weltraum zu schauen gestattet ... “

Das legt nahe, dass auch die Erde niemals eine

„ ... vollständig gleichmäßig geordnete Masse gewesen ist ... “,

und wenn sich diese Unregelmäßigkeiten auch in einem sehr bescheidenen Rahmen halten, so sind sie immerhin bedeutend genug, eine große Reihe von geologischen Vorgängen zu bewirken (AMPFERER, 1918, S. 45). In einem Gedankenexperiment macht AMPFERER (1906, S. 549) die Auswirkungen dieser grundsätzlichen Feststellungen deutlich.

„ ... Denken wir uns einen Globus von über 12 m Durchmesser, der kontraktionsfähig sei. Auf diesem soll ein 1 cm dicker Ölfarbenanstrich eine 10 km mächtige Erdhaut darstellen. Der Ölfarbenanstrich soll oberflächlich erhärtet sein, gegen die Tiefe zu aber noch seine Weichheit bewahrt haben. Lassen wir nun eine Kontraktion stattfinden, so wird nichts weiter als eine allgemeine Verdickung und Runzelung der Ölfarbensicht daraus hervorgehen. Diese Verhältnisse dürften den wirklichen schon ziemlich nahekommen. Wir haben gesehen, dass der Ausdruck der völlig gleichmäßigen Massen- und Kontraktionsbedingungen durch eine gleichmäßige Runzelung und Verdickung der Erdhaut dargestellt wird. In Wirklichkeit kennen wir weder in geologischer noch geschichtlicher Vergangenheit irgendeine Erscheinung, welche für die Möglichkeit einer gleichmäßigen Bewegung der gesamten Erdrinde sprechen könnte ... “.

Bereits zuvor bieten ihm diese Überlegungen, in denen deutlich wird, dass es sich bei den zu untersuchenden Gegenständen letztlich um

„ ... riesengroße ... “

handelt, die Möglichkeit zu einigen Nebenbemerkungen über den Einfluß von Vergrößerungen und Verkleinerungen auf die geologischen Schlußfolgerungen.

Da eine schrittweise Begehung der über die unmittelbare Anschaulichkeit hinausragenden geologischen Objekte nicht immer möglich ist, ist man insbesondere zur gegenseitigen Verständigung auf Darstellungen angewiesen. Die auf den empirischen Beobachtungen beruhenden induktiven Karten sind in diesem Sinne als echte

„ ... Wertpapiere ... “

zu betrachten.

„ ... Wahrscheinlich gibt es kein Papier, das mehr Auskünfte zu erteilen vermag als eine gute Landkarte. Hat man aber dieses Gebirge als Bergsteiger und Geologe zu allen Tages- und Jahreszeiten kennengelernt, so ist man doch über die ungeheure Armseligkeit auch der besten Karte erstaunt ... “ (AMPFERER, 1943, S. 57).

Die Karte unterscheidet sich wesentlich von der damals gerade sich durchsetzenden Anwendung der Fotografie, indem sie eine geistige Auslese des Gesehenen trifft. Darin offenbart sich Vorteil und Nachteil zugleich. In den Verkleinerungen liegt die

„ ... große Gefahr für Irrungen ... “ (AMPFERER, 1906, S. 545)

und in einer seiner späteren Schriften führt AMPFERER (1943, S. 60) die

„ ... Schwierigkeiten und Begrenztheiten von starken Verkleinerungen beim geologischen Arbeitsgebrauch ... “

sehr anschaulich vor Augen.

„ ... Es ist wohl einzusehen, dass an der Oberfläche eines gut aufgeschlossenen Gebirges oder in Steinbrüchen oder Bergwerken an zahlreichen Stellen so reiche geologische Detailangaben vorliegen, dass man dieselben in großen Maßstäben unmöglich ohne viele Verirrungen in die Erdtiefen hinab ergänzen kann. In kleineren Maßstäben lassen sich so hochkomplizierte Stellen gleichsam verpuppen und für die Zukunft aufbewahren. Vielleicht können sich daraus später einmal Schmetterlinge von einer schönen Einsicht entwickeln ... “.

In derselben Schrift, in der er die Beachtung der Ähnlichkeitsverhältnisse bei der Verwendung von Verkleinerungen zur Erforschung geometrischer Sachlagen fordert, behandelt er auch die Verwendung von Vergrößerungen in Form von Dünnschliffbildern zur Erforschung der Gefügegeheimnisse. Um diese Dünnschliffe aber mit der Großtektonik in eine engere Beziehung bringen zu können, sind unerläßliche Bedingungen erforderlich, insbesondere eine genau orientierte Entnahme der Handstücke aus anstehendem Felsen, eine Grundforderung, die zuallererst von Bruno SANDER und Walter SCHMIDT erhoben und systematisch befolgt wurde. Das Zusammenschließen einer Reihe von benachbarten Dünnschliffen zu einer einheitlichen Bildfläche erweist sich dabei als durchaus schwierig. AMPFERER bringt das plastische Beispiel der entstehenden Unordnung, wenn in einer dichtgedrängten Menschenmenge jeder seinen Regenschirm aufspannen will. Eine solche Summe von Vergrößerungen ist ohne gegenseitige Störungen nur auf einer Kugelfläche möglich, was aber für die Erde bei voller Summe der Dünnschliffbilder eine

„ ... riesenhafte Kugel ... “

ergeben würde.

„ ... Wir haben also folgende Gegenüberstellungen: Auf der wirklichen Erdkugel haben wir unsere gewöhnliche Großtektonik und auf einer wesentlich größeren Bildkugel die zusammengefügte Dünnschliffvergrößerungen. Könnten wir die wirkliche Erdkugel auf die Größe dieser Bildkugel körperlich ausdehnen, so würde dabei wahrscheinlich eine neue, schwer zu beurteilende Großtektonik mit mächtigen Zerreißen zustande kommen. Vermöchten wir aber die Bildkugel nach ihrer Dünnschliffstruktur zu verkörperlichen und diese Masse dann auf die Größe unserer heutigen Erde zurückführen, so würde sich wiederum eine sehr viel intensivere Zusammenpressung ergeben. Zwischen optischer Aufspaltung und körperlicher Ausdehnung liegt ein tiefer Unterschied ... “ (AMPFERER, 1943, S. 64).

Dieses

„ ... geistige Ballspiel mit Erde und Bildkugel ... “

zeigt für AMPFERER ohne jeden Zweifel, dass die

„ ... wirkliche Großtektonik der Erde ... “

mit der Tektonik, die man aus der

„... summierbaren Dünnschlifftektonik ...“

abliest, nicht ident ist. Daher ist es notwendig eine Auswahl von Vergrößerungen zu treffen, mit denen man sich begnügen muß. Das setzt aber bereits eine

„... allgemeine Einsicht in den Bau des betreffenden Gebirges ...“

voraus.

Nachdem AMPFERER die Unmöglichkeit einer gleichmäßigen Bewegung der gesamten Erdrinde erörtert und auch jene Unregelmäßigkeiten charakterisiert hat, aus denen faltende Seitendrucke in der Kugelschale unmittelbar bei deren Kontraktion hervorspriessen können, zeigt sich, dass die Faltungerscheinungen von einer allgemeinen Kontraktion der Erde sich nur herleiten lassen, wenn die Faltung als eine Funktion der betreffenden Gesteine und der Erdgröße aufgefaßt werden.

„... Es gibt keine Möglichkeit innerhalb der Kugelschale, um die aus dem Zusammendrängen der Massen in dem zentrischen Schwerkraftfelde entstehenden Seitendrucke einseitig zu ordnen und in zwei ungeheure Druckreihen zusammenzufassen. Der dabei summierte Druck würde um das Hundertfache die Festigkeit der Gesteine übertreffen und könnte daher unmöglich durch ein so schwaches Medium weitergeleitet werden. Bedeutende Überdrucke werden an Ort und Stelle durch Zermalmung, Faltungen, Schiebungen etc. vernichtet. Außerdem könnte in einer Kugelschale niemals, auch bei entsprechend festen Leitungsgesteinen, eine einzelne Zone um den ganzen Kontraktionsbetrag eines größten Kreises verringert werden ...“ (AMPFERER, 1906, S. 567).

Die zugrundeliegenden Gesetzmäßigkeiten, nach denen bei der Prüfung der Gebirge der Erde vorzugehen ist, widerlegen die Gebirgsbildungstheorien, deren wichtige nun eingehend analysiert werden. Nach einer

„... Abschweifung ...“

über die HEIMSche Gebirgsformel, die

„... die Zusammenfaltung der Alpen aus dem Kontraktionsüberschusse eines vollen Erdringes abgeleitet ...“

hat, setzt er sich ausführlich mit den Darstellungen von Eduard SUESS auseinander und zeigt, dass die Faltenzüge der Erde den Kriterien, die sie erfüllen müßten, wären sie aus allgemeiner Kontraktion hervorgegangen, nicht erfüllen. Von der Druckspannung des ideellen Erdgewölbes und von den Festigkeiten der irdischen Gesteine ausgehend gelangt er zu der Erkenntnis,

„... daß eine Fernleitung der Seitenschübe ganzer Erdringe sowie eine Zusammenfassung derselben an einzelnen Stellen der Erdhaut unmöglich ist. Diese Erfahrungen über die Weiterleitung und Anhäufung von Druckspannungen, welche die Festigkeit ihres Leiters weit übertreffen, wurden sofort auf das Geoidgewölbe übertragen. Die weitere Verfolgung dieser Überlegungen führte nun zur Aufstellung der hauptsächlichsten Faltungstypen, welche aus Unregelmäßigkeiten bei der allgemeinen Kontraktion der Erdhaut zu entstehen vermögen. Im wesentlichen sind diese Faltungen durch das Verhältnis von Scholle und Ring, also durch Geschlossenheit der Faltzonen bezeichnet. Nähern sich solche Faltenringe einander, so können sehr mannigfaltige Formen daraus entspringen. Wir haben aus den hier auftretenden Erscheinungen der Teilung, Schlingung, Innen-, Außenseite und Umbeugung wichtige Kriterien für die Erkennung der Kontraktionsfaltungen abgeleitet. Die Faltungszonen der Erde können größenteils nicht mit diesen Kriterien in Einklang gebracht

werden und erweisen sich so schon im Stil ihrer äußeren Anlage als Gebilde, welche von der allgemeinen Kontraktion unabhängig sind und eine bestimmte Selbständigkeit besitzen. Damit sind alle Hypothesen der Gebirgsbildung abgelehnt, welche Kräfte und Massen zum Gebirgsbau aus weiter Ferne zusammenschleppen. Auch die Hypothesen der Gebirgsbildung durch Volumschwankungen der Gesteine oder Massenverschiebungen an der Erdoberfläche reichen zur Erklärung nicht hin ...“ (AMPFERER, 1906, S. 618).

Nachdem er sich ausführlich mit dem Faltungsbild der Gebirge im großen auseinandergesetzt hat, geht AMPFERER nunmehr zur Entstehung der einzelnen Falten und den Überschiebungen über. Nach einigen Vorbemerkungen über den Gesamtumfang und die ursächliche Verbindung von Faltung und Schiebung kommt er schließlich zur Kritik und Widerlegung der SCHARDT-LUGEONschen Überfaltungshypothese. In seiner 1940 erschienen, genialen Stellungnahme „Gegen den Nappismus und für die Deckenlehre“ beschreibt er Grundsätze und Weiterentwicklung dieser Hypothese folgenderweise:

„Vor mehr als 45 Jahren wurden von Hans Schardt an dem Beispiel von Prealpes und Chablais zum erstenmal die Leitlinien der Überfaltungslehre oder des Nappismus ausgesprochen... Die Darstellung von Schardt ist einfach und ohne Übertreibungen. Er nimmt an, dass an gewissen Stellen des Alpenkörpers durch überwältigenden Seitendruck mächtige Falten herausgepreßt wurden, sich umlegten und gegen außen hin abglitten. In der Folgezeit hat sich besonders M. Lugeon, ein anfänglicher Gegner dieser Lehre, derselben bemächtigt und sie mit Eleganz und Schwung nicht nur ausgebaut, sondern auch mit größter Gewandtheit populär gemacht ...“ (AMPFERER, 1940, S. 313).

AMPFERER (1920, S. 142) hat aber die wissenschaftsgeschichtliche Bedeutung dieses Erklärungsmodells für den geologischen Erkenntnisfortschritt voll und ganz anerkannt.

„Es ist das Verdienst der Überfaltungslehre ...“, schreibt er,

„... mit einer früher unbekannten Energie das genaue Studium der Faziesentwicklungen als Hilfsmittel der Tektonik herangezogen zu haben ...“.

Er erkennt an, dass sie

„... sowohl für die Erklärung als auch die Erforschung der Alpen gewaltige geistige Triebkräfte bereitgestellt ...“

hat (AMPFERER, 1940, S. 313). Der Nappismus hat also wesentlich zur Weiterführung der Erkenntnis der Alpen und der Faltengebirge überhaupt beigetragen und mußte auch

„... auf seinem Wege durch so viele Geologen-Gehirne eine ständige Umformung erleiden ...“ (AMPFERER, 1940, S. 314).

Ja, mehr noch,

„... die Zerlegung des Alpenkörpers in eine Anzahl von relativ selbständigen Bewegungseinheiten (Decken) ist zur Hauptsache Erkenntnis und Aufnahmearbeit dieses Jahrhunderts ...“ (AMPFERER, 1942, S. 240)

und behält als wahres Element, das als solches auch integraler, unverzichtbarer Bestandteil der neuen Theorie ist, unbestritten seine Gültigkeit. Die neue Theorie stellt, wie auch am Beispiel der Plattentektonik noch zu zeigen ist, einen größeren, übergeordneten Zusammenhang

her, in den sich die weiterhin gültigen Elemente der alten Theorie einordnen.

„Das Programm der Ueberfaltungslehre hatte Einheitlichkeit des Faltungsmechanismus, Einheitlichkeit der Faltungsrichtung, Einheitlichkeit der Schaffenszeit verkündet. Alles aus einem Gusse! ...“

Damit formuliert AMPFERER (1918b, S. 63) seine Kritik in einem einzigen Satz.

„... Der Nappismus hat sich nun von Anfang an auf den Standpunkt gestellt, dass die Decken weder Schub- noch Gleitmassen, sondern gewaltig übertriebene, liegende Falten gewesen seien. Diese Riesenfalten konnten naturgemäß nur aus Sattelzonen durch die enorme Pressung herausgedrückt worden sein. Die Stellen, wo diese ausgetriebenen Riesenfalten ihren Untergrund verließen, wurden und werden als die Wurzeln der Decken bezeichnet. Es ist seit 1906 meine Überzeugung, dass hier der Nappismus auf einen Irrweg, in eine Sackgasse geraten ist, aus der es keinen Ausweg mehr gibt. Der Irrtum besteht in der Annahme, dass die Decken aus liegenden Falten hervorgegangen sind und dass die Heimatstellen der breiten Decken ganz schmale, steilgepreßte Schichtzonen sein könnten ...“ (AMPFERER, 1940, S. 316).

Gegen die erste Annahme spricht die empirisch überprüfbare Tatsache, dass die überwiegende Anzahl der untersuchten Decken

„... durchaus keine liegenden Falten, sondern Schub- und Gleitmassen ...“

sind,

„... die an ihren Stirnen häufig kurze Einrollungen besitzen ...“.

Und zweitens können sich

„... niemals ganze Gebirgszonen wie die Zahnpaste aus der engen Spalte einer Tube herauspressen lassen ...“.

Im Verlaufe der weiteren Argumentation seiner Schrift über das Bewegungsbild von Faltengebirgen, mit der er die Unterströmungshypothese erstmals theoretisch begründete, und auf die er sich an dieser Stelle bezieht, kommt er zu der Schlußfolgerung,

„... Gebirge mit nach auswärts zielenden Überschiebungen, Überfaltungen etc. können als Ergebnisse allgemeiner Kontraktion nur durch Unterschiebung gebildet

werden. Unterschiebungen von so bedeutender Wirkung sind nur denkbar entweder in Verbindung mit ungeheuren Volumsschwankungen der Unterlage oder im Gefolge von riesigen, erzeugenden Schollen ...“ (AMPFERER, 1906, S. 596f).

Bevor er aber nun zu seinem eigenen, deduktiv-theoretisch entwickelten Gedankengebäude kommt, überprüft er noch die allfällige Berechtigung und Anwendbarkeit einer Hypothese der Gebirgsbildung durch Eingriff in die Rotation der Erde, da die den Faltungszonen innewohnende Eigenbewegung zumindest theoretisch auch in dieser Weise zustande kommen könnte. Nimmt man eine solche, die Rotation hemmende oder beschleunigende Kraft an, dann stünde man damit

„... aufs neue vor einer in ihren Folgen unübersehbaren Katastrophentheorie, die alle bisherigen Versuche, die Entwicklung des Erdganzen durch allmähliche Wirkungen stetiger Kräfte zu erklären, umstoßen würde. Es ist ja ohne weiteres klar, dass eine plötzliche Hemmung oder Beschleunigung der Rotation vor allem die leichtesten und beweglichsten aller Erdmassen, die Meere und Gewässer, aus ihren Beeten herausschleudern müßte. Die Wirkungen dieser ungeheuerlichen Sturmfluten wären für alle Erscheinungen des organischen Lebens eine unermeßliche Verheerung und Vernichtung. Wer Gebirge durch Stöße oder Schwünge entstehen lassen will, ruft damit zugleich die toten Ansichten der Katastrophentheorie neuerdings zum Leben ...“ (AMPFERER, 1906, S. 598).

Zwar lehnt AMPFERER damit eine

„... Schwung- oder Stoßhypothese der Gebirgsbildung ...“

ab, ohne aber die Möglichkeit einer allmählichen, stetigen Eigenrotation der äußeren Erdschale über dem Kern zu leugnen.

Nach dieser langen und ausführlichen Besprechung aller wichtigen bekannten Gebirgsbildungstheorien legt er nun auf vergleichsweise wenigen Seiten die Grundprinzipien seiner eigenen Hypothese dar, wie der Name „Gleit- und Unterströmungshypothese“ bereits vermuten läßt, Gleitfaltung und Unterströmung. Erstere hatte, wenn auch in weit geringerem Ausmaß als Otto AMPFERER, auch schon Eduard REYER (1849–1914) als geomechanisches Erklärungsmodell herangezogen (vgl. SZÖTS, 1968, S. 215f). Die Gleitung im Schweregefälle der Erde ist der einzige mechanische Vorgang, mit dem sich die Auflagerung älterer Schichten auf jüngere in größerem Umfang erklären läßt. Es entsteht eine einfach verständliche Raumordnung (Abb. 5).

„... Am oberen Ende der Gefällsstrecke entsteht ein Abriß, der sich zu einer Lücke erweitert. Am unteren Ende bildet sich dagegen eine Überschiebung heraus ...“ (AMPFERER, 1941, S. 1),

wobei freilich auch hier verschiedene Lösungen möglich sind, wie die untere der beiden Darstellungen zeigt, in der keine Abreißung stattfindet und sich die Gleit-

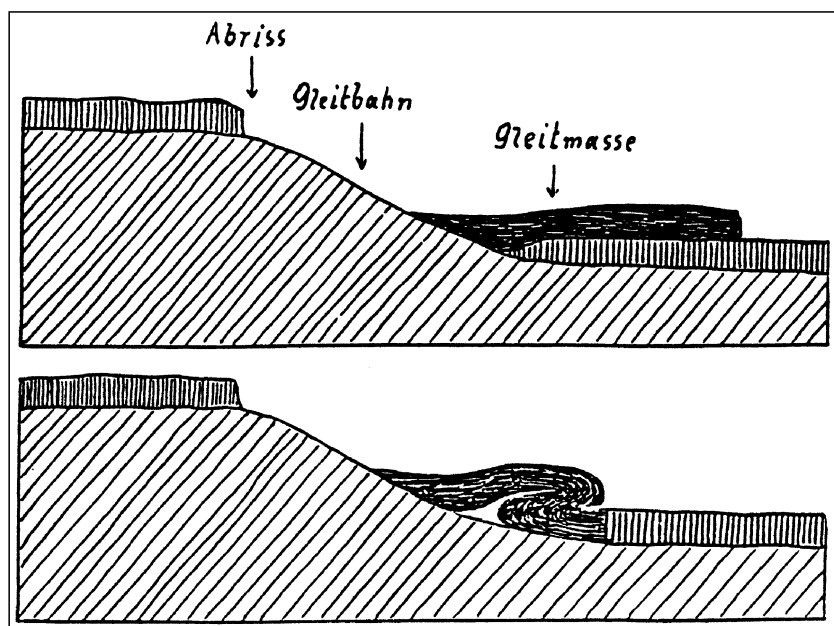


Abb. 5.
Skizzen von O. AMPFERER zur Theorie von Überschiebungen durch Schweregleitung (1941, Fig. 1, 2).

masse unten nur anstaut. Entscheidend ist nun der Transportmechanismus der Deckenladungen. Auch zu dieser Frage hat AMPFERER (1942b, S. 10) später ausführlichere Erklärungen geliefert, als er dies in seiner kurzen Schrift von 1906 getan hat, die, wie schon gezeigt wurde, vor allem einer akribischen Analyse der bestehenden Gebirgsbildungstheorien gewidmet war.

„... da ist zunächst als das Wichtigste das Vorhandensein eines ausreichenden Gefälles. Dieses Gefälle muß weiter eine größere Ausdehnung besitzen, um überhaupt wirksam zu werden. Neben dem Gefälle muß eine geeignete Gleitbahn vorhanden sein oder wenigstens eine Gesteinszone, die sich dazu umformen läßt. Unterhalb der Gleitbahn müssen weiter genügend feste Schichten anstehen, welche imstande sind, die Gleitbahn wenigstens bis zum Vollzug der Gleitung in ihrer Stellung festzuhalten. Über der Gleitbahn müssen sich Schichten befinden, welche nicht zu starr und auch genügend gut geschichtet sind, um sich unter dem Zug und Schwung der Schwere zu Falten und Schuppen umformen zu lassen ...“.

Obwohl schon aus dieser Beschreibung ersichtlich wird, dass für das Zustandekommen einer Gleitfaltung eine Reihe von Bedingungen erfüllt sein müssen, ist es doch eine Bewegungserscheinung, die in der Natur von den kleinsten bis zu den größten Ausmaßen immer wieder beobachtbar ist. An steilen Hängen wird die Wirkung von Gleitungen ebenso sichtbar, wie bei Gletschern und Inlandeis. Und schließlich,

„... heute, wo die Kenntnis des Skifahrens in die weitesten Kreise gedrungen ist, kann man viel eher aus der persönlichen Körpererfahrung heraus auf ein Verständnis dieser Art von Mechanik rechnen ...“ (AMPFERER, 1940, S. 318).

So ist er denn überzeugt, dass die Deckenbildung mit Hilfe von Gleitungen längst schon vollkommen anerkannt wäre, wenn sich nicht eine große Schwierigkeit in den Weg stellen würde.

„... Wären die entsprechenden Gleitbahnen und Abrißstellen in den Gebirgen erhalten geblieben, so würde wohl niemand an der Zusammengehörigkeit von Gleitkörper und Gleitbahn gezweifelt haben. Da aber beide Teile, Gleitbahn und Gleitkörper, in gebirgsbildender Größe nur selten nebeneinander und zusammengehörig zu sehen sind, so fehlt auch häufig der Beweis der unmittelbaren Anschauung ...“ (AMPFERER, 1942b, S. 11).

Während die meisten Geologen dieses Fehlen der Gleitbahnen zum Anlaß nehmen, um von einer Erklärung der Deckenbewegungen mit Hilfe der Abgleitung Abstand zu nehmen, schließt AMPFERER umgekehrt aus dem Vorhandensein der Gleitkörper auf die einst zugehörigen Gleitbahnen.

Hochliegende Gleitflächen können nicht nur durch unaufhaltsame Abtragung zerstört werden, sondern auch durch die tektonischen Bewegungen selbst bis zur Unkenntlichkeit verändert werden. Die Massen werden auf

ihren Bahnen mit solcher Gewalt angetrieben, abhängig natürlich von der Höhe des Gefälles, dem Gewicht des Gleitkörpers und einigen anderen Faktoren, dass die Bahnen Spiegelglätte erreichen können. Benachbartes, schmierfähiges Gestein dient dabei als Politur, um die Reibung zu senken. Dass dies zutrifft, zeigt die empirische Erfahrung, sowohl der angeschmolzenen Bohrkörner in tiefen Bohrlöchern, als auch geschmolzener Mylonite unter schweren Schubmassen.

Da der Alpenbogen gegen außen gekrümmt ist und in einer mittleren Zone seine größten Höhen enthält, müßte die Gleitung vor allem entlang der Außenseite dieses Gebirges zu suchen sein. Also im ostalpinen Bereich in den Nördlichen Kalkalpen. Eine Auflösung des Deckenbaues zeigt dort eine Grundformel, die trotz äußerster Vereinfachung wichtige tektonische Folgerungen zuläßt (Abb. 6). Man sieht, dass die Decken symmetrisch angeordnet sind und als Folge einer einseitigen Bewegung nur ein entscheidendes Richtungsmoment das Bauschema bestimmt.

„... Aus dem Zusammenhang der Muldenform und der Muldenfüllung kann man schließen, dass die Gleitmassen schon ursprünglich in die Hohlform hineingeglitten sind und hier auch zum Stillstand gekommen sind ...“ (AMPFERER, 1942b, S. 16).

HEIM hat dafür den Ausdruck „Brandung der Decken“ geprägt. Diese zunächst rein deduktiv-geometrisch gewonnene tektonische Vorstellung muß ihre Berechtigung aber erst in der empirischen Erfahrung der Aufnahmsgeologie erweisen.

Unermüdlich arbeitet AMPFERER gemeinsam mit seinem Freund Wilhelm HAMMER die nächsten fünf Jahre an dieser Aufgabe, um damit einem Bedürfnis nachzukommen, welches

„... so allgemein und selbstverständlich es in den anderen Naturwissenschaften bereits geworden ist ...“,

in den Erdwissenschaften doch noch wenig Verbreitung fand, denn

„... die meisten Geologen begnügen sich mit der Bebauung ihres kleineren oder größeren Teilackers, ohne sich viel darum zu kümmern, was in den angrenzenden Gebieten gerade für Erfahrungen gewonnen werden. Die Verfasser der vorliegenden Arbeit befanden sich diesem Zustande gegenüber schon lange in einer glücklicheren Lage, indem sie, der eine in den Zentralalpen, der andere in den Nordalpen beschäftigt, durch einen fortgesetzten, regen und rückhaltlosen Austausch der Beobachtungen und Folgerungen Wechselbeziehungen über ein weites Feld lebendig zu halten wußten ...“ (AMPFERER & HAMMER, 1911, S. 531).

Ein einleitender Vergleich mit dem Alpenquerschnitt von ROTHPLETZ aus dem Jahr 1894 gibt Gelegenheit, den grundsätzlichen methodischen Unterschied in der geologischen Arbeitsweise gut zwei Jahrzehnte später explizit darzustellen.

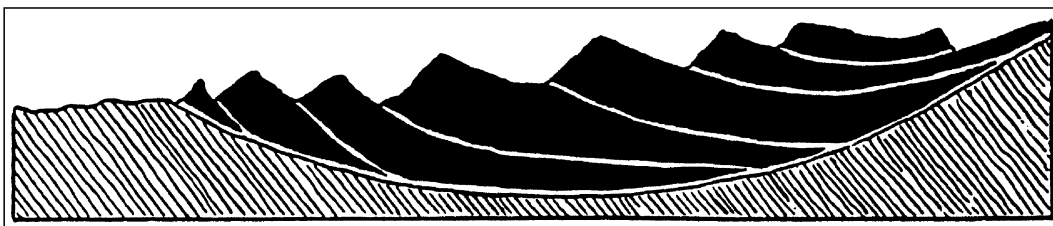


Abb. 6.
Schemaskizze von O. AMPFERER zum Deckenbau der Nördlichen Kalkalpen (1942b, Fig. 1).

„... Wenn man die Alpen als einen Bewegungsorganismus auffaßt, so stellen sich die einzelnen Teile derselben gleichsam wie die mit Notwendigkeit ineinandergreifenden Glieder einer Maschine dar. Jeder einzelne Bewegungsvorgang ist für sich wie eine Maschine. Es sind ihrer aber viele und sie haben ihre Funktionen gar häufig gewechselt. Was früher Ambos war, ist später vielleicht Hammer geworden. Nun liegen vor unseren Augen zahlreiche, oft merkwürdig geformte und von der Erosion verstümmelte Bestandteile dieser einst lebendigen Maschinen da. Während nun die alte Methode Stück für Stück einzeln getreulich erforschte und beschrieb, versucht die neue Methode, die Stücke zu ergänzen, aneinanderzupassen und wieder zu einer Maschine zusammenzufügen ...“ (AMPFERER & HAMMER, 1911, S. 533).

Die Methodenzweiheit von *risolutivo* und *compositivo* wird noch deutlicher, wenn AMPFERER (1939b, S. 187) seine Vorgangsweise mit den Worten beschreibt,

„... ich will das Gebirge gleichsam in seine Hauptbestandteile zerlegen und aus diesen vor ihren Augen sein Gefüge neu errichten ...“.

Nach einer stilistisch wie inhaltlich brillanten geologischen Detailbeschreibung werden diese kleineren tektonischen Elemente zu größeren Zonen verbunden, wobei die Überfaltungslehre allein schon deshalb als positives Element hervorgehoben wird, weil sie den Fortschritt brachte, ein selbstverständliches Dogma aufgehoben und die Beweglichkeit geologischer Zonen zum Untersuchungsgegenstand gemacht zu haben. Unmittelbar an die Arbeit über das Bewegungsbild der Faltengebirge anschließend, wonach ja die Annahme der Gebirgshäufung durch Fernschiebungen nicht aufrecht zu erhalten war, schließt sich der Gedanke einer

„... Einsaugung nach der Tiefe hin ...“

an.

„... diese Überlegung führt uns zu dem Begriff der Verschluckungszonen, welcher für das weitere Verständnis des Alpenbaues manche Einblicke gewährt ...“ (AMPFERER & HAMMER, 1911, S. 699).

Mit diesem geologischen Querschnitt, den CORNELIUS (1951, S. 205) später völlig zu Recht einen

„... Wendepunkt für die Ostalpentektonik ...“

nannte, gelingt AMPFERER also nicht nur die empirische Bestätigung seiner deduktiv aufgestellten Unterströmungstheorie, sondern er verbessert sie zugleich und liefert damit ein mustergültiges Beispiel für das im einleitenden Kapitel dieser Arbeit dargestellte systemtheoretische Modell des Kontinuums der allgemeinen Erkenntnismethoden.

Die umfassende Kartierung in den Alpen gibt AMPFERER auch die Möglichkeit, sich über eine weitere Verbesserung der erdwissenschaftlichen Methodik, insbesondere der Darstellung der Ergebnisse im Kartenbild, Gedanken zu machen. Seiner Auffassung der notwendigen strikten Trennung von empirisch ermitteltem Tatsachenbestand und theoretischer Deutung entsprechend erschienen sie beinahe zeitgleich mit den Kartierungsergebnissen selbst, jedoch als eigenständige, kurze Aufsätze. Ausgangspunkt seiner Überlegungen ist die weite Elastizitätsgrenze geologischer Darstellungen, die ein großes Maß an Verzerrungen zulassen. Deren Ursache liegt darin, Grenzen nicht mit dem Meßinstrument, sondern aufgrund der Schätzung des aufnehmenden Geologen einzutragen, woraus auch ein großer subjektiver Anteil resultiert, da das Bestreben

vorherrscht, mehr mitzuteilen, als man gesehen hat. Diese Aussagen sind nicht nur intuitiv, sondern lassen sich auch leicht im Gedankenexperiment demonstrieren.

„Denken wir uns zum Beispiel die geologische Karte auf eine Kautschukplatte gedruckt und diese verschiedenen Spannungen unterworfen, so wird ihr Bild durch kleinere Dehnungen und Pressungen nicht so verschoben, dass dasselbe seine Charakteristik und Erkennbarkeit verlieren würde ...“ (AMPFERER, 1912, S. 184).

AMPFERERS (1911b, S. 120f) neuer Weg zu Kartieren besteht letztlich in einer Steigerung der Genauigkeit, indem der Reichtum geologischer Angaben durch das Eintragen von Schichtlagen, Klüften usw. in flächenhaft gezeichnete Karten vermehrt wird. Dadurch wird die Fläche immer mehr zu einer linienhaften Darstellung verfeinert. Die konsequente Weiterentwicklung dieses Gedankens führt zur Eintragung auf orientierten Fotografien.

Die geologischen Profile des Alpenquerschnittes sind nur wenig unter die Beobachtungstiefe hinabgezeichnet, während STAUB bei seinem Alpenquerschnitt sie bis in 10 km Tiefe fortsetzt. Ein Vorgehen, das AMPFERER (1940b, S. 215) später als großen Fortschritt ansah,

„... weil der Weg der künftigen Tektonik ein ständiges Tiefergreifen der Profilkonstruktionen verlangen wird ...“.

Ein geologisches Profil erweist sich nach oben hin durch die Erosion, wie auch gegen das Erdinnere hin, einer empirischen Betrachtung nur bedingt zugänglich. Bei seiner Erstellung ist eine möglichst große Rationalisierung der Darstellung anzustreben, versinnbildlicht in Abb. 7 durch den einfachsten und kürzesten Weg zwischen zwei Punkten A und B. Damit ist aber noch keineswegs gesagt, dass die einfachste Erklärung auch die richtige sein muß, denn

„... gerade in der Geologie haben sich schon an sich einfache Erklärungen auf dem Wege der Weiterforschung als falsch und unhaltbar herausgestellt ...“ (AMPFERER, 1940b, S. 211).

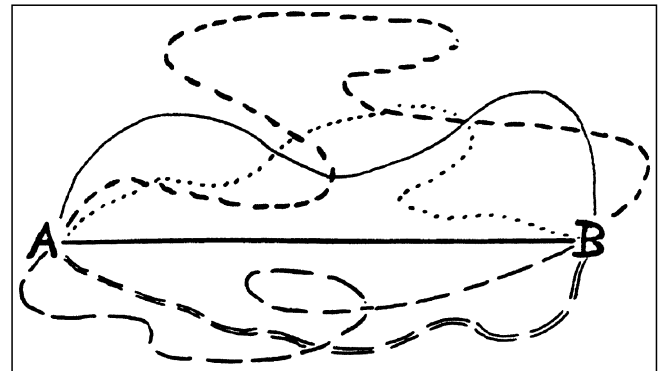


Abb. 7.

Zu dieser Darstellung fällt mir beim besten Willen kein vernünftiger Text ein!!

(AUS AMPFERER, 1940b, Fig. 1.)

Jede Kompliziertheit, bestehend aus mehrfach verknüpften Einfachheiten, bedarf jedoch einer empirischen wie theoretischen Begründung.

Die 1912, also nur ein Jahr nach dem Erscheinen des Alpenquerschnitts, in Innsbruck stattfindende Tagung der Geologischen Vereinigung bedeutet jedoch den

„... endgültigen Sieg ...“

der großen Decken in der Alpengeologie. Fast einstimmig konstatierten die Teilnehmer,

„... daß diese Lehre der Wirklichkeit entspricht ...“ (vgl. FLÜGEL, 1980, S. 241).

Im selben Jahr erscheint der „Deckenbau der östlichen Nordalpen“, und obwohl auch KOBERS Geologie von dem Grundgedanken geprägt ist, dass sich Oberflächentektonik nur aus der Tiefe erklären läßt (vgl. LEITMEIER, 1955, S. 34), standen sich, wie PILGER (1978, S. 70) es ausdrückt, zwei der hervorragendsten Ostalpengeologen, nämlich Otto AMPFERER und Leopold KOBER verständnislos gegenüber. Letzterer vermag für den Ferdeckenschub in den Ostalpen ein in sich geschlossenes Konzept vorzulegen, das AMPFERER (z.B. 1925b, S. 131) keineswegs prinzipiell ablehnt, vielmehr bringt er immer wieder zum Ausdruck, dass ein wahrer wissenschaftlicher Erkenntnisfortschritt nur durch empirische Bestätigung oder Modifizierung bestehender theoretischer Konzepte, durch

„... wirkliches Eingehen und Prüfen ...“

möglich sei. Erkennt man einen Fehler, so gilt es, diesen zu nutzen, indem man sein „Wesen“ begreift. Im Erkennen der Schwachstellen der Kausalkette einer Theorie liegt der wissenschaftsgeschichtliche Ansatz zu deren Modifizierung oder Überwindung zugunsten einer neuen Theorie.

Ebenso ist die Verschluckung breiter Krustenteile entlang von Absaugnarben keine rein deduktiv aus der Theorie gewonnene Schlußfolgerung, sondern beruht auf neuen empirischen Beobachtungen, die freilich bereits der Überprüfung einer bestehenden theoretischen Konzeption dienen. Während die Störungen in der Erdhaut, wie AMPFERER den obersten Bereich der Erde bezeichnete, in der Ausgangsarbeit zunächst als Abbildung von Bewegungsvorgängen in einem tieferen, heißen, impulsreichen Erdinneren aufgefaßt wurden, gelangte er nun zu der Erkenntnis, dass die komplizierten Verfaltungen und Verschiebungen der Gebirge unmöglich in größere Tiefen hinabreichen können. Die Verschluckungszone, also die Wegräumung oder zumindest doch die Flüssigmachung

einer bestimmten Stoffmenge im Untergrund des Gebirges, liefert eine möglich Erklärung (AMPFERER, 1937b, S. 375f). Die Landstreifen werden nicht nur gesenkt, sondern auch von den Seiten her zugeschoben oder zugefaltet. Als Anfangsstadien reichen dabei schon einige wenige Kilometer, wenn der gesenkte Raum durch Schutt oder Wasser verdeckt wird, wie in Abb. 8 dargestellt.

„... Befindet sich eine solche Form in einem ungestörten Tafellande, so kann sie in ihren Umrissen lange Zeit bestandfähig bleiben. Liegt sie aber innerhalb einer stark bewegten Erdzone, so vermag sie ihre Form kaum starr zu behalten, sondern wird auch in das Bewegungsspiel der Umgebung hineingezogen. Hier ist ihr Schicksal besiegelt, sofern die Senkung nicht wieder in eine Hebung übergeht ...“ (AMPFERER, 1942b, S. 18).

Die weiteren Darstellungen der Abb. 8 zeigen das Verschlucken einer Tertiärmulde und schließlich das Verschwinden des ganzen Hinterlandes der Gleitdecken der nördlichen Kalkalpen, wobei I das alte kristalline Massiv, IIa die Gleitdecken, IIb das versenkte Stammland der Gleitdecken und III die Überschiebungsmasse bedeutet, welche IIb eindeckt. Es ist klar, dass ein derartiger Vorgang gewaltige Senkungen erfordert, die Hunderte von Kilometern lang und vielleicht 50 km breit sein müssen. Durch diese gewaltigen Raumansprüche sind wesentliche Teile des Alpengebäudes betroffen, wie der in Abb. 9 dargestellte schematische Alpenquerschnitt zeigt. Dabei bezeichnet I wiederum das alte, kristalline Grundgebirge, IIa die Gleitdecken, IIb die versenkte Heimat dieser Gleitdecken, III bezeichnet die Zufaltung der Verschluckungszone mit Tauchdecken und IV die Gleitdecken der Südalpen. Die Punkte stellen schematisch das Aufsteigen einer Wärmequelle dar. AMPFERER (1942b, S. 20) selbst sagt angesichts dieser Raumforderung

„... man kann davor zurückschrecken ...“.

Bei seiner Geländearbeit in den Glarner Alpen, ist jedoch die Möglichkeit ihrer Realisierung im Alpenbau, wie er selbst schreibt,

„... mit der Gewalt einer Vision auf mich übergegangen ...“

„Was die Glarner Alpen betrifft, so war ich wirklich erstaunt über die geradezu überwältigende Einfachheit und Entschlossenheit der großen Überschiebung und die armen Versuche, diesen wundervollen weiten Schwung der Massen von S gegen N, diese erhabene Gebärde einer uralten Alpenüberschreitung in eine Doppelfalte oder gar in eine transgressive Einlagerung verkleinern zu wollen. An der Einheitlichkeit der großen Bewegung ist wohl kein Zweifel möglich, es bleibt nur die Frage offen, ob diese Bewegung als eine

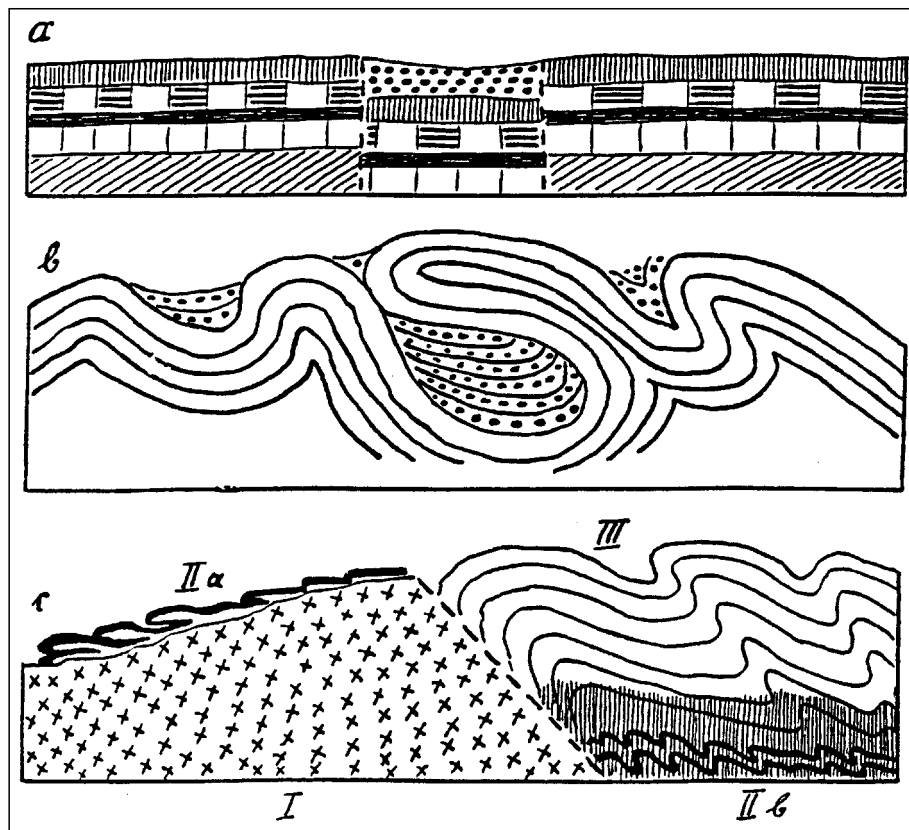
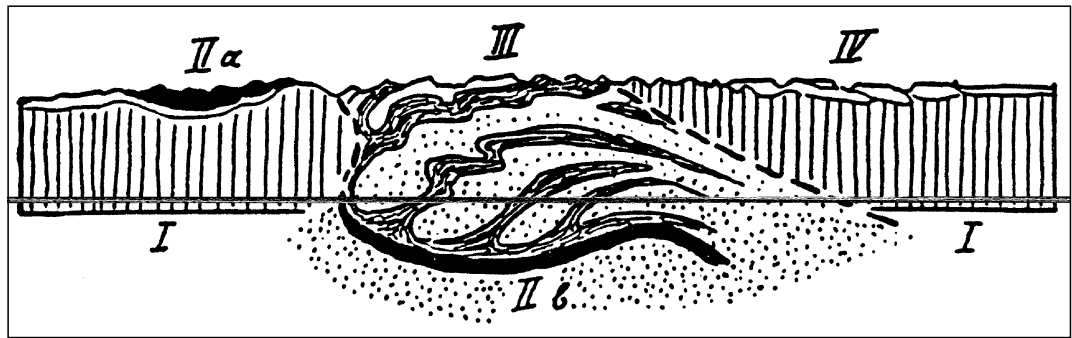


Abb. 8.
Schemaskizzen von O. AMPFERER zum Konzept der Verschluckungszone (1942b, Fig. 4).

Abb. 9.
Schematischer Querschnitt durch den Alpenkörper von O. AMPFERER (1942b, Fig. 5).



Überschiebung oder als eine Gleitung zu deuten sei. Ich habe mich für eine Gleitung entschieden. Wenn diese Auffassung stimmt, so gehört zu dieser Riesengleitung ein noch größeres Stammland, das heute nicht mehr zu finden ist. Wir stehen also wiederum vor der Forderung der Verschlusszonen ... (AMPFERER, 1937, S. 96).

Das Neue an diesem Erklärungsmodell besteht darin, dass erstmals nicht nur einem Materialzuwachs aus dem Untergrund, sondern auch dem umgekehrten Vorgang ein wesentlicher Einfluß auf das geodynamische Geschehen zugebilligt wurde, indem die Möglichkeit von Subtraktionen oder Fehlzonen größeren Ausmaßes erwogen wurde. Durch die geologische Aufnahme benachbarter Zonen ergibt sich die Möglichkeit, diese Fehlzonen empirisch zu begründen. Außerhalb der Gebirge kommen dafür vor allem die großen Grabenbrüche in Betracht. Damit hat AMPFERER auf seinem Weg vom Nappismus zur Deckenlehre zwei wesentliche Änderungen vorgenommen, indem er die Liegfalten durch Schub- oder Gleitdecken und die Wurzelzonen durch Verschlusszonen ersetzt hat. Allerdings benötigt er noch weitere Erklärungsmechanismen zur vollständigen Auflösung des komplexen orogenetischen Geschehens. Neben Strukturverschleppungen und Ost-West-Bewegungen sind dies vor allem Reliefüberschiebungen, wie er sie in der zweiten seiner, nicht minder berühmten, sechs Schriften umfassenden „Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen“ (1923–1931) postuliert. Den Anknüpfungspunkt für diese Mechanik bilden geometrische Erwägungen, die er 1920 zusammenfassend darstellt.

Bis zu diesem Zeitpunkt hatte AMPFERER sowohl seine Vorstellungen über die Herstellung des Gleichgewichtes in der Kugelschale modifiziert, indem er nun auch zeitlich getrennte Bewegungen für Faltung und Schiebung in Betracht zieht, wobei die erste Faltungsperiode eine Störung des Gleichgewichtes, die zweite dagegen ein Versuch ihrer Wiederherstellung wäre (AMPFERER, 1915, S. 163f), wie auch seine Argumentation über die Unmöglichkeit der Erde als einer konzentrisch von außen nach innen geordneten Schwerekugel ausgebaut. Die alternative Möglichkeit einer isostatischen Anordnung von leichten und schweren Erdschollen und die damit vorausgesetzte leicht bewegliche Unterlage der Erdrinde (AMPFERER, 1918, S. 41f) harmonisiert nicht nur mit seinem eigenen geodynamischen Konzept, sondern auch mit jenem, das inzwischen bereits von WEGENER vertreten wurde.

In den geometrischen Betrachtungen der tektonischen Geologie führt der Weg vom Einfachen zum Komplizierten, wie es ja auch dem

„... Gang der Erkenntnis ...“

entspricht (AMPFERER, 1920, S. 136). Demgemäß werden auch hier zunächst wieder die einfachen Möglichkeiten der vertikalen Hebung und Senkung, wie sie im Typus des

Schollen- oder Horstgebirges vertreten sind, und der aktiven Eruptivmasse im Kern einer Großwölbung, also das vulkanische Erhebungsgebirge, das ja in der Alpenerklärung, wie schon gezeigt worden ist, ein wissenschaftsgeschichtlich wichtiger Erkenntnisschritt war, erörtert, um dann nochmals auf die Vorstellung riesig dimensionierter Falten, die von der Südseite zur Nordseite der Alpen reichen, einzugehen.

Die Herstellung der ehemaligen Verbindung zwischen dem im Süden gelegenen Wurzelland und dem nördlichen Deckenland, die durch Zerstörung der mittleren Teile getrennt wurden, ist dabei die wichtige und wegen ihrer Schwierigkeit auch reizvolle Aufgabe, für deren Lösung AMPFERER (1920, S. 139f) als Gedankenspiel sogar eine über die einfache Faltung hinausgehende Variante in Betracht zieht.

„... Will man mit Faltung allein das Auskommen suchen, so steht uns noch die Faltung des Gefalteten, also die Faltung der zweiten Potenz zur Verfügung. Es ist interessant, zu sehen, dass durch eine Faltung der zweiten Potenz anscheinend die Komplikation nicht vermehrt, sondern vermindert wird. Bei genauerer Betrachtung wird man allerdings gewahr, dass die scheinbar einfachen Sättel und Mulden einen vielfach wechselnden Schichtenkern besitzen. Bei einer Faltung der dritten Potenz kommt eine solche oberflächliche Einfachheit noch stärker zum Ausdruck. Bisher sind wohl nur Faltungen in der zweiten Potenz ernstlich zur Erklärung der alpinen Bauformen herangezogen worden. Das Endziel der gesteigerten Faltung kann man als Verknäuelung bezeichnen. Auch hier ist nochmals zu betonen, dass selbst bei der ärgsten Verknäuelung keine regellose Vermischung der Gesteinsmassen, sondern eine Anordnung entsteht, die sich mit der nötigen Geduld und Sorgfalt nach dem Rezept der ursprünglichen Ablagerungsform muß auflösen lassen. Es unterliegt nun aber keinem Zweifel, dass mit dem Hilfsmittel auch der gesteigerten Faltung eine große Gruppe von tatsächlich vorhandenen alpinen Bauformen sich nicht behandeln lassen. Ich meine hier zunächst die Störungen an Verschiebungsflächen, die meist daran geknüpften Zermahlungen von Gesteinszonen, sowie die Bildung von tektonischen Schichtgemischen ...“.

Wieder ist es die geologische Geländeaufnahme, die die empirische Basis zuungunsten der alten und zugunsten einer neuen Theorie liefert. Denn in den Nordalpen zeigen sich Schubdecke auf Schubdecke in aufrechter Lage, während inverse Lagerungen, Auswälzungen und Faltenstirne spärlich sind. Die Nordalpen stellen in diesem Sinne ein aus mehrfach übereinander liegenden Schubmassen bestehendes kompliziertes Abscherungsdeckensystem dar, dessen tektonische Bauweise nicht ohne weiteres in die Zentralalpen übertragen werden kann. Die vergleichende Studie über Baumaterial und Bauweise in den

Kalkalpen, wo brechende Tektonik vorherrscht, und den Zentralalpen, der Zone fließender Tektonik, die er gemeinsam mit Bruno SANDER vornimmt, mündet in die Erkenntnis, dass die Gebirgsbildung durch die Schaffung tiefer Einsenkungen eingeleitet wird,

„... gegen die hin dann unter Umständen gewaltige Ueberfaltungen und Ueberschiebungen ausgelöst werden. Die Faltungen und Ueberschiebungen nehmen also von erhabenen Stellen ihren Ausgang und richten sich gegen Senkungen zu, die sie aufzufüllen streben ...“ (AMPFERER & SANDER, 1920b, S. 127).

Der ungemein gleitfähige Buntsandstein im Liegenden bildet dabei die Basis für die Bewegung der kalkalpinen Decken. Wie schon die Einleitung zu den eigentlichen gebirgsmechanischen Überlegungen zeigt, ist es deren Ziel, eine lebendige Vorstellung dieser „alten“ Beweglichkeit zu geben, denn

„... wir haben heute die Gebirge als etwas Starres vor uns liegen, starr doch wohl nur im Rahmen unserer eigenen Vergänglichkeit, und doch enthält deren Struktur hin und hin unzweideutig die Spuren vielfacher lebendiger Bewegtheit aufbewahrt ...“ (AMPFERER, 1923, S. 99).

Wie sehr AMPFERER diese Gebirgsmechanik tatsächlich als Mechanik im strengsten Sinne verstand, zeigen seine einleitenden Feststellungen zur Übertragung des Zuges mittels Kette, Seil und Stange von einem Körper auf einen anderen, räumlich entfernten.

„... weil die Zerlegung in einzelne gut wahrnehmbare Glieder bei der Kette am deutlichsten ist, will ich fortan von einer Kettenübertragung reden. Niemand wird bezweifeln, dass man mit Hilfe einer Kette nur einen Zug übertragen kann, der die Kette selbst noch nicht zerreißt. Ebenso wird man nicht bezweifeln, dass die Leistungsfähigkeit der Kette, wenn ihre einzelnen Glieder verschieden fest sind, von dem schwächsten Gliede abhängen wird. Es ist nutzlos, noch so viele starke Glieder einzuschalten, sie werden alle durch die Schwäche eines einzigen Gliedes wertlos gemacht. Der übertragene Zug prüft mit höchster Strenge alle Glieder durch und findet mit Sicherheit die schwächste Stelle heraus, auch wenn wir sonst kein Mittel hätten, dessen Schwäche zu erkennen ...“ (AMPFERER, 1923, S. 100f).

Dieses Gesetz gilt nicht nur für die Zugkette, sondern ebenso für die Druckkette, die die geschlossene Druckleitung in einem Pressungsgebirge veranschaulicht. Auch bei ihr können keine Drucke übertragen werden, die die Festigkeit der Kette selbst übersteigen. Aus der Anordnung der Kette, in der schwächere und stärkere Glieder miteinander abwechseln ergibt sich zunächst, dass die schwächeren zuerst zerdrückt und zerfaltet werden. Durch diesen Mechanismus sind in weiterer Folge dem Wachstum der Falten Grenzen gesetzt, da eine Vereinigung mehrerer benachbarter Falten nicht möglich ist.

„... bei weiterer verstärkter Pressung werden nur die Mulden noch enger, die Sättel noch höher werden. Niemals aber werden aus den Mulden Sättel und aus den Sätteln Mulden gemacht werden können ...“.

Mit einer Senkrechtstellung aller Schichtglieder ist das Endziel der Preßfaltung erreicht. Da nun einerseits an der Existenz großer Liegfalten nicht zu zweifeln ist, andererseits solch große einheitliche Falten nicht durch eine geschlossene Druckkette zustandekommen können, wird ein weiterer mechanischer Vorgang zu Erklärung notwendig.

Diese Fließtektonik, die eine

„... buntbewegte Formenwelt ...“

hervorzubringen vermag, erfordert allerdings für ihr Wirksamwerden zusätzliche Bedingungen (AMPFERER, 1923, S. 104f). Insbesondere bedarf es eines wohlgeschichteten Materials, ungeschichtete Granitmassen oder Kalk- und Dolomitstöcke sind hierfür unbrauchbar. Weiters muß das ganze System unter einen entsprechenden Druck und höhere Temperaturen gesetzt werden und der Zusatz von

„... reichlichen Lösungen ...“

ist erforderlich. Schon die Überlagerung einer etwa 3 km mächtigen Gesteinsdecke ergibt eine Erwärmung von der Siedetemperatur des Wassers. Die Möglichkeit einer Zerlegung in Gebiete mit Pressungstektonik und solche mit Fließtektonik ist aber zugleich ein Argument gegen die Kontraktionstheorie. Die Erdkontraktion als geschlossene Druckkette ist mit dem Nebeneinander von gepreßten, geflossenen, gesenkten und ungefalteten Zonen unvereinbar.

In weiterer Folge zeigt sich nun, dass eine glatte Überschiebung oder eine Abgleitung nicht hinreicht, um alle tektonischen Gebilde ausreichend zu erklären. Dies führt, wie oben bereits angedeutet, zu einer zweiten Art von Überschiebung, mit der sich der Erklärungsbereich außerordentlich erweitern läßt.

„... Diese zweite Art von Überschiebungen kann man auch einfach als Reliefüberschiebungen bezeichnen. Wenn eine Schubmasse mit der entsprechenden Gewalt über ein Relief hingeschoben wird, so haben wir sowohl an dem Relief als auch an der Schubmasse erhebliche mechanische Veränderungen zu erwarten, die natürlich in einer bestimmten Abhängigkeit von der Eigenart des Reliefs und der Schubmasse stehen ...“ (AMPFERER, 1924, S. 35).

Auch für diesen Vorgang hat AMPFERER (1930, S. 309), allerdings erst einige Jahre später, einen anschaulichen Vergleich aus der praktischen mechanischen Werkstätte herangezogen, nämlich den der großangelegten Feilung oder Hobelung,

„... wobei das Grundrelief die Feile oder den Hobel vorstellt, worüber eine Schubmasse geschoben wird. Zum Unterschied gegen die menschlichen Werkzeuge besteht jedoch hier zwischen Feile und Hobel einerseits und dem Bearbeitungsmaterial andererseits kein wesentlicher Unterschied in der Härte und Widerstandsfähigkeit. Infolgedessen wird in der Natur sowohl die Feile als auch das Gefeilte, sowohl der Hobel als auch das Gehobelte ungefähr in gleicher Weise abgenutzt werden ...“.

Das Feilmehl und die Hobelspäne besitzen ihre Äquivalente in Rauhwacken und Mylonit.

Diese Reliefüberschiebung ergab sich aber nicht voraussetzungslos aus den empirischen Geländebeobachtungen des Stanser Joches bei Schwaz, sondern setzt bereits das Vorhandensein einer Theorie voraus, wie AMPFERER (1942, S. 240) eigene Schilderung deutlich zeigt.

„... Das Stanser Joch bildet zwischen Achensee und Stalpentental ein langgestrecktes, kahles Gewölbe aus Wettersteinkalk. Hier hat nun der Tiroler Geologe Adolf v. Pichler schon im Jahre 1868 die wichtige Entdeckung gemacht, dass auf dem Scheitel dieses Gewölbes in Furchen in ziemlicher Ausdehnung weit ältere Gesteine von Buntsandstein – Rauhwacken – Reichenhaller Kalken eingelagert sind. Pichler hat aus diesem Funde keine weiteren Folgerungen gezogen, dagegen hat A. Rothpletz 1888 diese Lagerung als Überschiebung von N gegen S und nachfolgenden First-Einbruch beschrieben. Der Verfasser hatte

Abb. 10.
Reliefüberschiebung des Stanser Joches.
Aus AMPFERER (1942, Bild 6).

1902 die Stanserjoch-Überschiebung als einen Bruchteil der großen Karwendel-Überschiebung erkannt. Aber erst im Jahre 1924 wurde ihm bei den Vorarbeiten für den Bau des Achensee-Werkes bewußt, dass hier in einer tieferen Talfurche gerade die ältesten Bestandteil der Inntal-Decke bei ihrem Vormarsch von S gegen N zurückgehalten und so bis heute aufbewahrt wurden ... "

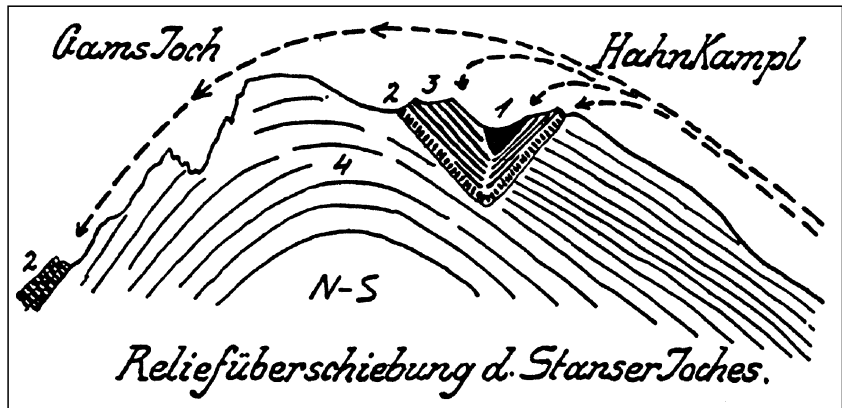
Diese Verhältnisse, wie sie in Abb. 10 dargestellt sind, waren von grundlegender Bedeutung für das bessere Verständnis der Tektonik der westlichen Kalkalpen. In der Abbildung liegt die Inntal-Decke mit Buntsandstein (1), Rauhwacken (2) und Reichenhallerkalken (3) muldenförmig der Lechtal-Decke mit Wettersteinkalk und Dolomit (4) auf.

Auch dieser heute so selbstverständliche Mechanismus im Repertoire der Gebirgsmechanik wurde anfänglich keineswegs allgemein anerkannt, sondern über Jahrzehnte hinweg kritisch hinterfragt, wie etwa ein 1937 erscheinender Band aus der Reihe „Deutscher Boden“ zeigt (RICHTER, 1937, S. 11 u. 102). In seinem, wie er es selbst nannte,

„... Kämpfe für die Reliefüberschiebung ...“

greift AMPFERER (1939c, S. 198) wieder auf das anschaulichste aller erdwissenschaftlichen Argumente zurück, die schematische Zeichnung. In ihr wird der tiefe und unüberbrückbare Gegensatz deutlich (Abb. 11). Die obere der beiden Darstellungen zeigt ein Gebirge I, das schon stark erodiert war, als die Decke II über sein Relief geschoben wurde, wobei die Kerben Störungen des Vormarsches verursachten. In der unteren Darstellung der Deckenfaltung wurde die Decke a glatt über die Decke b geschoben und beide zusammen gefaltet. Es ist nun nicht einzusehen, wie diese beiden Formen verwechselt werden könnten.

„... Es sind also zwei verschiedene Welten der Gebirgsformung, die in den zwei Theorien der Reliefüberschiebung und der Deckenfaltung um Ausdruck ringen. Mir liegt es ferne, Formen der Reliefüberschiebungen etwa mit Hilfe einer Deckenfaltung oder umgekehrt Gebilde der Deckenfaltung mit Hilfe von Reliefüberschiebungen erklären zu wollen. Das sind und bleiben getrennte Berei-



che. Ich habe auch keinen Grund, das Vorkommen der Deckenfaltung zu bezweifeln oder zu bestreiten ... "

Mit diesem eng an die realen geologischen Profile ange-schlossenen Begriff verbindet sich eine für die damalige Zeit ebenso mutige wie notwendige Verknüpfung von tektonischer und morphologischer Analyse, die es ermög-

„... auch das ganze reiche Formeninventar der Erosion mit in das tektonische Bauprogramm ...“

aufzunehmen (AMPFERER, 1931b, S. 656). Welchen Einfluß geomorphologische Faktoren auf die erdwissenschaftliche Forschung zumindest zur damaligen Zeit noch hatten, wird gerade auch in der späteren Darstellung des allmählichen Ausklingens der Alpenfaltung gegen die Ebene hin deutlich, deren mögliche Hauptformen AMPFERER (1940c, S. 388) in einem Schema (Abb. 12) zusammenfaßte. Sie sind nur Vermutungen, denn quartäre Bedeckungen sorgen dafür, dass

„... der herrliche Gebirgsraum mit allen seinen Verkündigungen der Gewalten der Erdtiefen wie ein Zaubergarten rings von dem Schweigen der großen Schuttfächer behütet und eingeschlossen ...“

wird.

In einer nur wenige Monate nach der Erkenntnis der Reliefüberschiebung erschienenen Schrift setzt sich AMPFERER (1925c, S. 83) mit der Konsequenz auseinander, die sich daraus ergibt, dass

„... nicht nur die Morphologie von der Tektonik abhängig, sondern auch umgekehrt die Tektonik von der Morphologie ...“

beeinflusst wird. Nach einer Übersicht über die wichtigsten tektonischen Konservierungsmittel, insbesondere Senkungen, die allerdings zugleich mit der Konservierung die Oberfläche auch der weiteren Beobachtung größtenteils entziehen, und einer Besprechung der sowohl konservierenden wie auch mechanisch zerstörenden Wirkung der Überschiebungen, setzt er die beiden Vorgänge der Tektonik und Erosion in einen unmittelbaren quantitativ erfassbaren Zusammenhang, wie Abb. 13 zeigt.

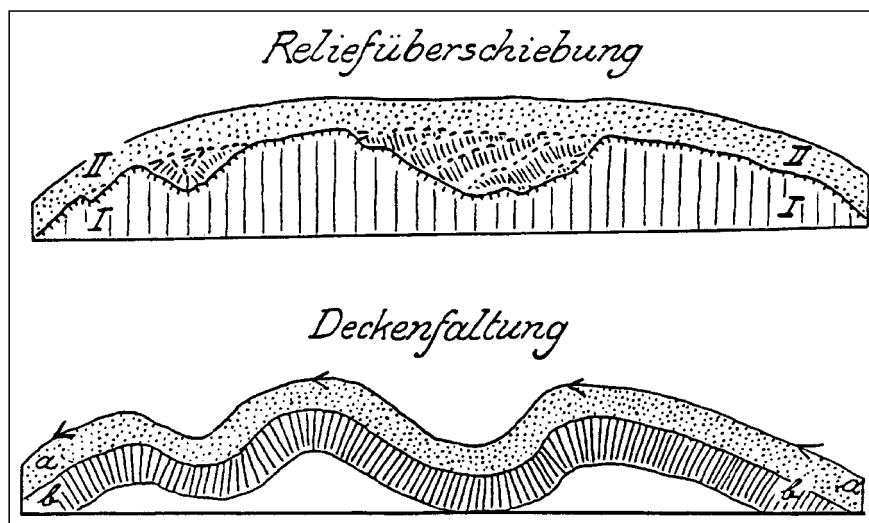


Abb. 11.
Zur Unterscheidung von Reliefüberschiebung und Deckenfaltung.
Aus AMPFERER (1939c, Abb. 1,2).

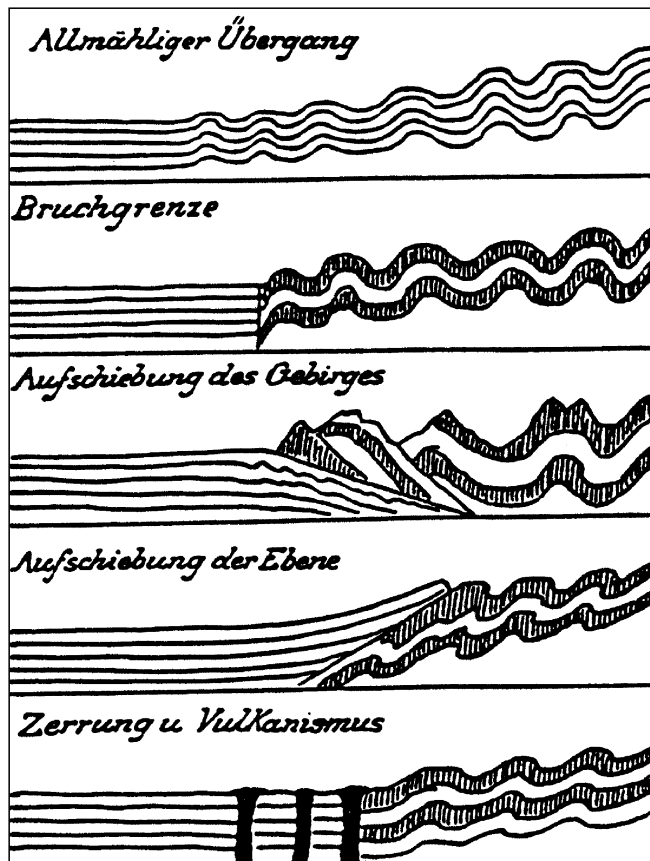


Abb. 12.
Erklärungen zum Ausklingen der Alpenfaltung gegen die Ebene.
AUS AMPFERER (1940c, Bild 10).

„... Wenn man z.B. zur Konstruktion der Tektonikkurve die jeweils tektonisch gehobenen Massen in Zahlen, zu jener der zugehörigen Erosionskurve die jeweils entfernten Massen in Zahlen verwendet, so sind durch diese beiden Kurven die hier vorhandenen Gesamtleistungen charakterisiert. Es bleibt sich aber gleich, ob ich z.B. den Aufbau und Abtrag einer 12 km² großen und 1 km hohen Scholle oder den einer 6 km² großen und 2 km hohen Scholle verfolge. Endergebnis = Abtrag von ca. 12 km³ Gestein in einer bestimmten Zeit. So ist dies eine reine Massenbewegungskurve. Ich könnte aber dazu noch die jeweils nötigen Arbeitswerte einsetzen und so zu Kurven der Energiewirtschaft übergehen. Es wäre z.B. eine interessante Frage, wie groß in verschiedenen Klimazonen der Erde der Arbeitswert für die Aufbereitung von 1 km³ derselben Gesteinsart ist und welche Zeit dafür die Erosion jeweils durchschnittlich benötigt ...“ (AMPFERER, 1925c, S. 90).

Entscheidend für AMPFERERS Gesamttheorie ist aber die damit unmittelbar verbundene Erkenntnis, dass der ununterbrochen wirkenden Erosion eine Tektonik gegenüber-

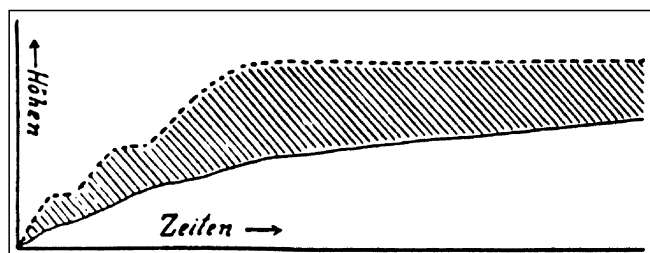


Abb. 13.
Quantitativer Zusammenhang zwischen Tektonik und Erosion.
AUS AMPFERER (1925c, Bild 5).

steht, in der Zeiten relativer Ruhe mit solchen intensiver Bewegung abwechseln, wie dies ja schon die rezent beobachtbaren vulkanischen Vorgänge nahelegen. Würde nämlich die Hebung der Bergketten wirklich Millimeter für Millimeter erfolgen, so könnte die Abtragung damit Schritt halten und

„... es würde wohl kaum ein Gebirge entstehen ...“.

Um den Widerspruch, dass mit ruckweiser Hebung

„... nicht mehr als eine relativ raschere ...“

Hebung gemeint sein kann, zu überbrücken, greift er auf den analogen Begriff des Wirkungsquantums in der Physik zurück.

„... Die Vorgänge der Belastung und Entlastung der Erdoberfläche vermögen nicht sofort einen entgegengesetzten Massenausgleichsstrom im Erdinnern zu erregen, sondern es ist dazu die Erreichung einer ziemlich hohen Spannung nötig. Ist diese Spannung einmal überschritten, so geht die Entladung der Ausgleichsströmung dann vergleichsweise rasch von statten. Diese Annahme würde nicht nur die periodische Wirkungsweise, sondern auch ihr immer verspätetes Eingreifen sowie die Auslösbarkeit durch einen geringfügigen Anlaß erklärbar machen ...“ (AMPFERER, 1925c, S. 104).

Neben all diesen Argumenten belegen auch die inneren Strukturen unzweideutig das relativ rasche Entstehen tektonischer Bauwerke.

„... Wenn wir z.B. die prachtvollen Profile der Rollfalten an der Nordseite des Aarmassivs in der Schweiz betrachten, so erkennen wir eine innige Zusammengehörigkeit aller Teile, wie sie am leichtesten durch den Schwung einer großen Gleitung zustandekommt. Das ist die Gebärde einer schwungvollen und raschen Schöpfung und nicht jene einer mühseligen Summierung von Milliarden kleiner Verschiebungen in langer Zeit. Es ist ein wesentlicher Unterschied zwischen Gebilden, welche mit großer Kraft in kurzer Zeit oder mit kleiner Kraft in langer Zeit geschaffen werden. So kann z.B. ein Bergsturz niemals in seiner Form und Struktur etwa durch ein Jahrtausende langes Herabkollern von einzelnen Steinen ersetzt werden ...“ (AMPFERER, 1925c, S. 92).

Es liegt in der Natur der Gleitung selbst begründet, dass sie keine langsam vorrückende Masse ist, sondern vielmehr eine

„... in vollem Schwunge vollzogene Neuformung bedeutet. Nur auf diese Weise scheint mir jener wunderbare Zusammenklang aller Bauformen vom größten bis zum kleinsten verständlich zu sein, der gerade aus den Gleitgebilden so lebendig zu uns spricht ...“ (AMPFERER, 1928, S. 344).

Damit löst sich zugleich auch die Frage nach der Trennung von Schub- und Gleitmassen, der im Argumentationsprozeß von Anfang an aufgrund des Fehlens größerer nachweisbarer Gleitbahnen in den Gebirgen eine zentrale Bedeutung zugekommen war. Ernste Zweifel an einer Deckenbewegung durch Schub legt auch ein Querschnitt durch die Allgäuer und Lechtaler Alpen für diesen Raum nahe. Die Breite der Kalkalpen, in diesem Bereich etwa 46 km, ergibt zusammengesetzt eine Schubdecke von 90 bis 100 km Breite. Die Teilschubdecken wären zugleich sehr dünn, nirgendwo mehr als 2 km und zur Hälfte aus weichen, leicht faltbaren Schichten, den Partnach-Schichten, Raibler Schichten, Kössener Schichten, Jura-Schichten und Kreideschiefern. Der einfachste Lösungsansatz, von der Länge und Dünnheit dieser Schubmassen in der Erklärung unabhängig zu werden, besteht in ihrer

„... Umdeutung in Gleitmassen ...“.

„... Für Gleitmassen ist, solange das nötige Gefälle zur Verfügung steht, weder in bezug auf Länge noch auf Dicke der Gleitkörper eine Einschränkung vorhanden ...“ (AMPFERER, 1941, S. 14f).

Nach dem Prinzip der Variation zieht er aber auch andere Möglichkeiten in Betracht.

„... Macht man nun die Annahme, dass hier Allgäudecke + Lechtaldecke noch Anteile des Grundgebirges sind und nur die Inntaldecke samt Krabachjochdecke eigentliche Wanderdecken vorstellen, so wird dadurch die Breite der Schubmasse ganz wesentlich verkleinert. Allgäu- + Lechtaldecke wären also keine richtigen Wanderdecken, sondern nur gefaltete und auch randlich überschobene Teile des Grundgebirges. Unter ihnen wären daher nicht etwa jüngere, sondern ältere Schichtglieder zu erwarten. Das würde allerdings der landläufigen Vorstellung einer Unterlagerung der N. Kalkalpen durch Flysch... völlig widersprechen ...“ (AMPFERER, 1941, S. 16f).

Andererseits betont AMPFERER bereits 1906 (S. 619), dass die Gleitfaltung selbst keine Theorie der Gebirgsbildung darstellt, sondern eine Teilerklärung derselben. Die Gleithypothese stellt nur einen Teilfall einer viel umfassenderen Massenbewegung dar,

„... welche wir unter dem Namen der Unterströmung begreifen ...“.

Es ist klar, dass mit dem Eintritt der Schubmassen in die magmatischen Zonen diese erlöschen und

„... an die Stelle der scharfen Bewegungsflächen können in diesen heißen Räumen wohl nur mehr Strömungen treten ...“ (AMPFERER, 1941, S. 4).

Dabei ist es zunächst unwichtig,

„... ob diese Bewegungen im Erdinneren von kosmischen Gewalten angetrieben werden oder von unregelmäßigen Verteilungen von Schwere, Wärme, Elektrizität, Magnetismus, Chemismus oder Radioaktivität verursacht werden ...“ (AMPFERER, 1944, S. 108).

Diese anfänglich rein kinematische Erklärung lieferte bei der späteren Integration mit der dynamischen Kontinentalverschiebungstheorie zur modernen Plattentektonik einige Schwierigkeiten. Denn Ampferer ging es mit seiner Unterströmungstheorie zunächst ausschließlich um die Klärung des Bildungsmechanismus eines Gebirges an der Stelle, an der es sich befand, hatte also eine fixistische Ausgangsposition. Erst die daraus postulierten Unterströmungen wurden dazu verwendet, die Vorländer des Gebirges aufeinander rücken zu lassen und damit die Einengung des Tektogens zu erklären (vgl. WAGENBRETH, 1982, S. 321f).

BUBNOFF (1931, S. 276) meint in seinen Vorlesungen bei der Besprechung gebirgsbildender Theorien stets, dass er keine Lösung zu geben vermag,

„... dass heute aber kaum jemand dazu imstande wäre; wenn er es trotzdem behauptete, sollte man ihm nicht glauben. In der Tat ist der Wirrwarr in den Grundanschauungen heute größer denn je, und bei einer Abstimmung würde sich ein ähnliches Bild ergeben wie in der Politik, das heißt auf 100 Abstimmende würden – mindestens – 100 Theorien kommen ...“

Dennoch lassen sich zwei Haupttendenzen erkennen, die ARGAND mit den Schlagworten Mobilismus und Fixismus bezeichnete. Der Mobilismus, für den später auch der Begriff Epeirophorese geprägt wurde, bejaht die Grundfrage, ob die Erdrinde im Ganzen oder in ihren Teilen

beweglich ist gegenüber einem an die Rotationsachse geknüpften Koordinatennetz, der Fixismus hingegen konzentriert sich auf die Vertikalbewegungen der Erdkruste und verneint gleichzeitig diese Frage. Die Forschungswege AMPFERERS bestätigen REZANOV (1983, S. 527), wonach dem Fixismus die induktive Analysenmethode zugrunde liege, während der Mobilismus sich fast immer des deduktiven Weges bedient.

AMPFERER ist keineswegs auf der Basis seiner empirischen Geländebeobachtungen und seiner umfangreichen Kartierung als Aufnahmsgeologe induktiv zu seiner Unterströmungstheorie gelangt. Vielmehr ergab sie sich auf deduktivem Weg durch die Umkonstruktion einer bereits vorhandenen Gebirgsbildungstheorie. In diesem Sinne bezeichnete ihn auch HENNIG (1934b, S. 349) als einen der

„... erfolgreichsten Zergliederer des Gebirges ...“.

An seinen

„... induktiven, ungewöhnlich erfahrungsreichen Weg ...“ hat er daher stets die

„... deduktive Darstellung mit ideogramatischen Zeichnungen ...“

angeschlossen. Wie wichtig sie ihm war ersieht man daraus, dass er selbst, wie sein Freund Bruno SANDER (1949, S. 229 u. 231), der eigentliche Begründer der Gefügekunde, in einer Würdigung schreibt, von seinen 261 geologischen Arbeiten seine theoretischen Veröffentlichungen über das Bewegungsbild der Faltengebirge, den Alpenquerschnitt, die Mechanik der Alpen und die Entstehung der Inntalterrassen als die wichtigsten ansah. Der heuristische Wert daraus resultierender neuer Fragestellungen liegt darin, neue fruchtbare Anregungen für die Naturbetrachtung zu liefern. Ein Wert, den AMPFERER (1940c, S. 374) auch der Deckenlehre voll und ganz zuerkannte. So betrachtet er den Nachweis,

„... dass die Alpen zu großen Teilen nicht ein Gebirge, sondern gleichsam mehrere übereinander vorstellen ...“

als ein

„... Hauptergebnis der geologischen Untersuchungen dieses Jahrhunderts ...“.

Es waren gerade seine Deduktionen geometrischer Art, die bei vielen Geologen Befremden erregten, wofür AMPFERER (1937, S. 93) sogar Verständnis aufbringt, denn

„... jeder, der von den begangenen und beliebten Wegen der Forschung abweicht, muß sich darüber klar sein, dass sein Abweichen nur wenig Menschen Freude macht ...“.

Dass dieses Abweichen keineswegs willkürlich war, wird deutlich, wenn er mehr als dreißig Jahre später über den Schritt des Verlassens des gebräuchlichen Erklärungsweges der Erdkontraktion für die Gebirgsbildung sagt, er sei sich seiner Bedeutung nicht voll bewußt gewesen.

„Ich hatte die Lehre der Gebirgsbildung aus der Zwangsjacke der Erdkontraktion herausgelöst, aber nicht geahnt, welche Dimensionen diese Loslösung in der Folgezeit annehmen sollte...“.

Im Schlußkapitel seines Bewegungsbildes von Faltengebirgen, in welchem er diese Loslösung begann, indem er die Unterströmungstheorie postulierte, beschreibt er die Unterströmungen zusammenfassend folgendermaßen:

„Die Unterströmungen selbst gehören als bestimmte Gruppe zu den in gewissem Sinne selbständigen Veränderungen des Untergrundes der Erdoberfläche. Diese Auffassung verlangt für das Innere der Erde eine einigermaßen unre-

gelmäßige Massenverteilung, welche jedoch im Verhältnis nicht erheblicher zu sein braucht als die Reliefabweichungen der Erdoberfläche von der glatten Wölbung. Die Veränderungen des Untergrundes prägen sich nun der Erdhaut einerseits als tektonische, andererseits als sedimentäre Abbildungen ein. Die letztere Abbildung ist sehr viel ungenauer und verzerrter. Beide Reihen von Abbildungen, die örtliche und die zeitliche, deuten durch ihr Zusammenwirken völlig ungezwungen die Erscheinungen des weltweiten Zusammenklanges der Formationen und Transgressionen. Periodische Schwankungen der Meere oder ein System von reinen Senkungen können diese Erscheinungen nicht erklären. Das Wechselspiel von Hebungen und Senkungen erweist sich zu ihrer Erklärung als unumgänglich nötig. Ohne fortgesetzte innere Eingriffe müßten alle großen Sedimentierprozesse ganz anders verlaufen. Die Oberflächenklärung der Gebirgsbildung aus dem Nebeneinander verschiedenartiger Sedimentgruppen reicht in vielen Fällen nicht aus. Das Auftreten von Faltengebirgen, Mittelmeeren, Sprungländern, Ozeanen, Vulkanreihen etc. kann nicht als eine Funktion der jeweiligen örtlichen Gesteinsfestigkeiten verstanden werden. Die dazu nötigen Unterschiede sind in wechselreichen, mächtigen Sedimentfolgen durchaus nicht vorhanden. Dagegen weisen ganze Gruppen von Merkmalen und Beziehungen gleichsinnig darauf hin, dass die Ursache dieser Gebilde in Äußerungen des Untergrundes der Erdhaut zu suchen ist ...“ (AMPFERER, 1906, S. 619).

Auch an dieser Stelle betont AMPFERER, dass damit die „... Anwendungsfähigkeit anderer Hypothesen für einzelne Fälle ...“

keineswegs in Frage gestellt wird. So wird auch in der neuen Theorie die Frage der vertikalen Hebungen

„... in bejahendem Sinne entschieden ...“.

Damit wird die alte plutonische Erhebungslehre verworfen und zugleich entwertet, indem der Wahrheitsgehalt der alten Theorie in die neue integriert wird. Die bereits vorhandenen Gebirgsbildungstheorien erweisen sich daher nicht als nutzlose Vorläufer, sondern als positive Irrtümer auf dem Weg des Erkenntnisfortschrittes, die auch Wahres enthalten, das als solches in der nachfolgenden höherwertigen Theorie erhalten bleibt. Neue Theorien entstehen nicht voraussetzungslos, sondern dialektisch auf dem Fundament des bereits vorhandenen Wissensstandes. In diesem Sinne hat, wie schon erwähnt wurde, nicht nur SUESS die Geologie ein

„... Wandern von Irrtum zu Irrtum ...“

genannt, sondern auch AMPFERER (1906, S. 539) von einem stetigen

„... Entscheid zwischen nahem und nächstem Irrtum als besonders wertvolles und vornehmes Gepräge dieses Denkens ...“

gesprochen.

Der Grundgedanke der Unterströmungslehre folgt also einer ganz einfachen Vorstellung. Die Störungen der Sedimenthülle sind vielfach nur

„... Abbildungen von Bewegungen in dem heißen Untergrunde ...“ (AMPFERER, 1939, S. 341).

Nun bestreitet AMPFERER nicht, dass die Verhältnisse der Tiefe

„... sicherlich weit komplizierter ...“

sind,

„... als es diese Übersicht verlangt ...“.

Die Veränderungen des Untergrundes können physikalischer oder chemischer Natur sein. Es geht ihm aber

„... nicht um die Erklärung einzelner Details, sondern nur um die Erkennung großer, weitgespannter Zusammenhänge ...“ (AMPFERER, 1906, S. 609).

Man könnte nun einwenden, dass mit dieser neuen Theorie nichts weiter erreicht ist, als ein räumliches Tieferlegen unbekannter Ursachen der Gebirgsbildung.

„Dem ist indessen nicht so, einmal weil diese Tieferlegung eine notwendige ist und dann, weil durch die Umkehrung, durch den Schluß von den Formen der Erdhaut auf die Zusammensetzung und Art des Untergrundes die Möglichkeit einer systematischen, wissenschaftlichen Erforschung der tieferen Erdzonen nähergerückt wird. Damit ist einer bedeutenden Erweiterung der geologischen Forschungs- und Erkenntnisgebiete überhaupt Bahn gebrochen ...“ (AMPFERER, 1906, S. 620).

Die Vorstellung einer wenigstens teilweisen Abbildung eines heißen, vielgestaltigen Erdinneren durch die Sedimenthülle hindurch eröffnet zugleich eine Vielfalt neuer geologischer Möglichkeiten,

„... wahrscheinlich sogar noch viel reicher, als wir heute ahnen, weil seine Keller noch voll Verborgenenheiten sind ...“ (AMPFERER, 1944, S. 109).

Diese Vielfalt hat AMPFERER später bei der Erklärung tektonischer Bauwerke immer wieder hervorgehoben, um die Anwendbarkeit der Unterströmungstheorie auf die konkreten geologischen Fragestellungen zu demonstrieren.

Auch dabei zeigt sich das methodische Vorgehen AMPFERERS, mit der Erklärung der einfacheren geologischen Vorgänge zu beginnen und zu den komplizierteren vorzuschreiten. So behandelt er in einem unmittelbaren Vergleich von Kontraktion und Unterströmung im Jahr 1944 zunächst eine einfache Erhebung, eine kreisförmig umgrenzte Aufwölbung in einem horizontalen Schichtsystem (AMPFERER, 1944, S. 109f), um dann zu dem komplizierteren Fall der streichenden Grabenbrüche zu kommen, bei denen offenbar

„... in der Tiefe entlang der Achse des Einbruches eine Abströmung von Material stattgefunden ...“

hat und von oben her Masse nachgerückt ist. In der direkten Gegenüberstellung der beiden Theorien zeigt sich, dass die Einschaltungen tiefgreifender Versenkungen durch die Erdkontraktion nur unzulänglich erklärt werden können, während das

„... Absinken und Aufsteigen ...“

als

„... Zeichen für die Lebendigkeit der unter der Erdhaut verborgenen Massenverschiebungen ...“

bei der Unterströmung geradezu eine Notwendigkeit darstellt. Aber auch hier betont AMPFERER (1944, S. 118), dass dies keineswegs einer gänzlichen Ablehnung der Erdkontraktion gleichgesetzt werden kann, allein schon aus dem einfachen Grunde nicht,

„... weil unsere geologischen Dokumente dafür ja gar nicht weit genug zurückreichen und die Erde erst betroffen, als diese schon in eine Erstarrungshaut eingehüllt war. Die Hauptfunktionen der Kontraktion liegen aber viel weiter zurück und haben sich vor allem in dem gasig-flüssigen Zustand der Erde ausgewirkt ...“.

Diese Fragestellung reicht schon über die Erdgeschichte hinaus und ist eigentlich eine der Astronomie. Damit führt AMPFERER eine Trennung zwischen den bei Himmelskörpern wirkenden Kräften, der

„... mächtigen allbeherrschenden Kontraktion ...“
und der wirkenden irdischen Tektonik ein.

„... Aus der Hand der Kontraktion gehen alle diese Kugeln in gleicher Vollendung hervor. Erst die Kräfte ihres Inneren rufen dann auf den bereits erstarrten Kugelflächen nach und nach eine im Verhältnis zur Kugelgröße nur zarte Reliefzeichnung hervor ...“ (AMPFERER, 1944, S. 120).

AMPFERER hatte mit seiner Schrift im Jahr 1906 und den weiteren, nachfolgenden theoretischen Abhandlungen, wie CORNELIUS (1951, S. 210) sagt,

„... mit zwingender Logik ...“

die bis dahin allgemein anerkannte Kontraktionstheorie widerlegt. In einer Bemerkung über

„... die oft beklagte Entfremdung zwischen der neueren Wissenschaftstheorie und den Naturwissenschaften ...“,

die darauf beruht, dass sich letztere eben nicht der

„... Vorschrift gemäß verhält ...“,

führen ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, S. 305) aus:

„Jeder Forscher ist bestrebt, wenn er etwa im Lichte der Deckentheorie den Bau der Alpen, im Lichte der Impaktheorie die Krater und Becken des Mondes oder im Lichte der Deszendenztheorie die Reste der ältesten Säugetiere betrachtet, für eben diese Theorien bestätigendes Material zu finden. In der Entwicklung der theoretischen Erkenntnis wird als Forschungserfolg weniger die Widerlegung einer Theorie als vielmehr die Begründung, Bestätigung und erfolgreiche Anwendung einer neuen Theorie angesehen. Gäbe es einen Nobelpreis für die Geowissenschaft, so wäre er z.B. V.M. Goldschmidt für die theoretische Grundlegung der Geochemie oder A. Wegener für die Grundkonzeption der Theorie der Plattentektonik verliehen worden, und nicht dem Forscher N. N., der schließlich und – jedenfalls nach heutigem Ermessen – endgültig die während vieler Jahre anerkannte Theorie der sich abkühlenden und schrumpfenden Erde widerlegte ...“.

Dieser hier mit „N. N.“ bezeichnete Forscher ist Otto AMPFERER. Er brachte die Kontraktionstheorie zu Fall, vermochte aber an ihre Stelle noch nicht eine mobilistische Vorstellung zu setzen, wie dies sechs Jahre später Alfred WEGENER getan hat. AMPFERERS Erklärung der Gebirgsbildung ist zunächst ebenso fixistisch wie die bereits vorhandenen. Das zeigt sich nicht zuletzt in den Gemeinsamkeiten der Theorien der Unterströmung und Oszillation.

Während also einerseits bei der Suche nach neuen Wegen zur Erklärung der Entwicklung der Erdkruste endogene Bewegungsprozesse herangezogen wurden, wurde andererseits als Gegenmodell der Magmatismus und damit verbundene Vertikalbewegungen in den Mittelpunkt gestellt. Der Schritt vom Fixismus zum Mobilismus ist ein geologisches Analogon zum Durchbruch des Gedankens der Evolution gegenüber der Konstanz der Arten, wie er sich 1859 mit der „Entstehung der Arten“ in der Biologie und Paläontologie vollzog (TOLLMANN, 1974, S. 53). In dem 1930 erschienenen, zusammenfassenden Werk über die Oszillationstheorie, die er in ihren Grundzügen allerdings schon vorher entwickelt und in ihrer Gesamtheit schon am 14. Internationalen Geologenkongreß in Madrid vorgetragen hatte, bringt HAARMANN (1930, S. 207) die Gegensätze der beiden Erklärungsmechanismen auf den Punkt.

„... Während ich meine, dass die Kontinente heute so fest liegen, dass ihre Verschiebung praktisch für die Erdadjustierung nicht mehr in Betracht kommt, treten Taylor, Wegener

und Andre für heute noch vor sich gehende Kontinentaldrift ein. Meine Stellungnahme zu dieser Auffassung geht aus meinen Darlegungen hervor. Hinzufügen will ich nur, dass die auffälligen Analogien, welche in Sedimentation und Tektogenese von Südafrika und Südamerika bestehen, keineswegs beweisen, dass die beiden Erdteile bei Herausbildung dieser analogen Erscheinungen zusammenhängen. Sie beweisen lediglich, dass beide Gebiete auf gleiche Einwirkungen in gleicher Weise reagierten, dass sie also durch dieselbe Konstitution gleich prädisponiert waren, und es ist durchaus wahrscheinlich, dass dies aus sehr früher Zeit stammt. Unter gleicher Konstitution ist in diesem Falle zu verstehen: ähnliche Ausbildung der Kruste in Bezug auf Mächtigkeit, Zusammensetzung und Verteilung von sialischen und simatischen Magmen und Gesteinen, ähnliche Erstarrungsstadien und dergleichen mehr ...“.

In den Jahren vor und nach dem Erscheinen dieses Werkes wurde von verschiedenen Geologen eine nicht minder fixistische, der Kontraktion diametrale Theorie einer Gebirgsbildung durch Erdexpansion vertreten, so etwa von LINDEMANN (1927) und HILGENBERG (1933). Sie hat aber bei weitem nicht so viele Diskussionen hervorgerufen, wie die Oszillationstheorie, der die Deutsche Geologische Gesellschaft sogar eine eigene Monatssitzung und ein Heft ihrer Zeitschrift widmete. Mit seiner Theorie will HAARMANN (1930, S. 1f) zu einer

„... Ausrodung des in der Geologie ungeheuerlich angehäuften Aberglaubens ...“

beitragen, dessen Wurzeln er in der deutschen

„... Gefolgschaftstreue ...“

sieht, die sich nicht nur positiv, sondern auch negativ äußert, durch

„... übersteigerte Traditionstreue, als Autoritätskult, in kaum sonst so entwickelter Disziplinfreudigkeit – was alles in der Wissenschaft deplaciert ist ...“.

In der einführenden Übersicht zu dieser Diskussion fasst BÄRTLING (1931, S. 261), beinahe wortgleich wie HAARMANN selbst in der Einleitung seines Buches, die wichtigsten Grundlagen dieser tektonogenetischen Theorie folgendermassen zusammen:

- „1. Die Erde ist nur roh ausbalanciert, sie strebt also in ihrer Kruste nach Isostasie.
2. Es ist ein ständiges Auf und Ab der Krustenteile, ein Oszillieren, zu beobachten.
3. Die Krustenbewegungen verlaufen im Großen rhythmisch.

Die Kraftquelle der Tektogenese ist die Schwere. ...“

Sowohl die erste dieser Annahmen, ein isostatisches Schweregleichgewicht anstelle einer konzentrischen Anordnung, wie es von AMPFERER ja schon explizit 1918 in seiner

„... geologischen Deutung von Schwereabweichungen ...“

gefordert wurde, wie auch die dritte Annahme, das rhythmische Element in den Bewegungsvorgängen, das, wie schon beschrieben, die Einführung des analogen physikalischen Begriffes des Wirkungsquantums in die Geologie erforderlich macht, finden sich gleichermassen auch in der Unterströmungstheorie. Diesem ruckweisen Hochheben der Gebirge, dem nunmehr jene Bedeutung zukommt, das früher den einmaligen, katastrophenartigen Ereignissen zugeschrieben wurde, wird demgemäß in weiterer Folge auch unmittelbarer Einfluß auf den Menschen zuerkannt, der

„... orographische Stufenrhythmus als ein Beherrscher des menschlichen Lebens ...“ (MYER, 1934, S. 7).

Das neue Element besteht also im wesentlichen aus den durch Oszillation entstehenden

„... Geotumoren ...“,

die sich an jenen Stellen bilden, wo Magma zusammenströmt und dem inversen Element, den

„... Geodepressionen ...“,

wo Magma abgezogen wird. Treibende Kraft dabei sei die Schwerkraft. Diese Vorstellung ist genauso fixistisch wie die Kontraktionstheorie, als deren theoretische Alternative sie sich verstand. Mobilistische Elemente treten in Form tektonischer Schweregleitungen, wie bei der Unterströmungstheorie ja auch, lediglich als Sekundärphänomene auf.

In der Diskussion zeigt sich die breite Vielfalt der Lehrmeinungen, durch die eine Zeit wissenschaftlichen Theorienwechsels gekennzeichnet ist. Charles SCHUCHERT (1931, S. 345f), Professor der Yale University, hält auch jetzt noch, fast 20 Jahre nach dem Erscheinen von WEGENERS richtungsweisendem Werk, an der Kontraktionstheorie fest. In der Oszillationstheorie sieht er vor allem ein Hilfsmittel zur Beseitigung der

„... sehr ärmlich ...“

begründeten Kontinentalverschiebungstheorie,

„... die merkwürdigerweise aber an den Grundlagen der Geologie gerüttelt ...“

hat.

„Zunächst sehe ich keine Notwendigkeit, die Theorie der Erdschrumpfung beiseite zu legen. Sicherlich ist sie nicht die einzige Ursache der Gebirgsbildung, aber doch komme ich nicht von der Schlußfolgerung ab, dass sie eine der primären Ursachen ist. Dass die Erde schrumpft, ist mir bewiesen durch die unregelmäßige Periodizität des Diastrophismus – die Störungen – auf denen unsere geologische Zeiteinteilung begründet ist. Ich beziehe mich hier auf die Zeiten geringerer wiederholter Gebirgsbildung und die wiederholte Transgression der Kontinente durch Meerwasser... Wie wohl bekannt ist, lege ich der Taylor-Wegener-Theorie kontinentaler horizontaler Verschiebungen bis zu der großen Ausdehnung von vielen 1000 Meilen keinen Wert bei. Auch glaube ich nicht an eine Pangäa, sicherlich wenigstens nicht an eine in paläozoischer Zeit ...“.

Ebenso stehen die Vertreter der Unterströmungstheorie den neuen Vorstellungen ablehnend gegenüber. Sie können ihre Kritik allerdings konkreter formulieren. So weist KRAUS (1931, S. 310 u. 317) auf die Annahme kosmischer Eingriffe unbekannter Art hin, wodurch die Gründe für innere Massenverlagerungen, die REYER noch nicht erklären konnte, nunmehr begründet werden sollen. In Wahrheit werden damit unbekannte Ursachen im Erdinneren durch unbekannte Ursachen im Kosmos ersetzt, die hier wie dort ohne jegliche empirische Begründung bleiben, wie CLOOS (1931, S. 281) auch deutlich zum Ausdruck bringt.

„... Warum versucht er nicht an den großen Komplex von Vorstellungen heranzutreten, die sich seit 1906 (Ampferer) und seit 1912 (Wegener) über die horizontale Beweglichkeit der Erdkruste entwickelt haben? Warum macht Haarmann nicht den Versuch, wenigstens an einem einzigen in seinem Bau und seiner Entwicklung gut bekannten Gebirge seinen Gedankengang bis ins einzelne durchzu-

entwickeln? Die Alpen würden dafür geeignet sein. Aber sie würden meines Erachtens zu einem für die Oszillationstheorie ungünstigen Ergebnis führen...“

AMPFERER (1931c, S. 102) selbst steht der neuen Hypothese zwar kritisch, aber nicht gänzlich negativ gegenüber.

„In einer Zeit von geistiger Nachahmung und Unselbstständigkeit muß man jeden Hauch von geistigem Mut und von frischem Drang begrüßen ...“,

schreibt er noch im selben Jahr in einer Besprechung, die allerdings in den Verhandlungen der Geologischen Bundesanstalt erschienen ist. Er hebt vor allem die gemeinsame Ablehnung der Kontraktionstheorie hervor. Auch sonst hatten, wie oben schon beschrieben, die beiden Theorien manche Gemeinsamkeiten und sie gründeten sich auf eine gemeinsame Wurzel, die bereits früher erwähnte REYERSche Gleithypothese. Vor allem aber war ihnen gemeinsam, ebenso der Undationstheorie BEMMELNS, dass sie zu einer Zeit, in der die Überfaltungstheorie die Gleitungen gänzlich in den Hintergrund gedrängt hatte, letzteren eine wichtige Rolle beim Bau der Faltengebirge zukommen ließ.

Die Unterströmungstheorie selbst wurde, noch zu Lebzeiten AMPFERERS und später, vor allem von Ernst KRAUS weiterentwickelt und an alpinen Bauplänen erprobt. Als Beispiel hierfür mögen die Studien an fünf oberösterreichischen Flyschprofilen dienen (KRAUS, 1944, S. 179f). Seinem „alpinen Bauplan“ (1936) legte er als Gesamtaufassung die Idee der Unterströmung zugrunde, wendet sich allerdings gleichzeitig gegen die Gleithypothese, die er als einen Rückschritt in der mechanischen Deutung ansieht. Wie schon bei der Oszillationstheorie HAARMANNS hebt AMPFERER (1937c, S. 139) in seiner Besprechung dieser Ansichten auch hier wieder den Wert der sich ergebenden neuen Fragestellungen, die nunmehr durch Anwendung zu prüfen sind und zur Bewährung oder Modifizierung führen werden, für den wissenschaftlichen Erkenntnisfortschritt hervor.

„Die Neuheit seiner Auffassungen wird vielmehr eine Fülle von Widerspruch leichter erwecken als eine solche der Zustimmung. Freilich wird der geistige Wert eines Werkes nicht durch Beifall oder Ablehnung bestimmt, sondern allein durch die Kraft, in die Zukunft zu führen und ins Dunkel zu leuchten. In dem großen und vielleicht endlosen Kampf der Geister um das Verstehen des Alpenbaues hat E. KRAUS neue und aussichtsreiche Stellungen der Einsicht erobert. Es wird eine Aufgabe der Zukunft sein, die vielen neuen Gedanken und Anregungen zu verwerten und zu prüfen. Die Gerechtigkeit gegen diese tiefe und ernste Arbeit verlangt zunächst, ihre Pflanzungen zu schützen und zu pflegen, damit sie wachsen und alle ihre Eigenheiten festigen können...“.

Zwangsläufig,

„... aus innerer Logik ...“,

führt die Annahme weitreichender magmatischer Strömungen zur Vorstellung subkrustaler Konvektionszellen, die auf die gesamte Erdkruste extrapoliert werden können. Ein solches globales Netz von Unterströmungsvorgängen hat KRAUS schließlich entworfen. Sie sind ein deduktives Produkt der konsequenten Anwendung der theoretischen Grundlagen. Der Weg zum besseren Verständnis des Faltengebirgsbaues besteht in der Verknüpfung der drei nebeneinander bestehenden Gebirgstheorien, Deckenlehre, Unterströmung und Kontinentalverschiebung, zu einer besseren, modifizierten Theorie, welche

die göltig bleibenden Wahrheitswerte der alten Theorien in sich vereint.

Von entscheidender Bedeutung ist dabei ein Vortrag auf der 88. Versammlung Deutscher Naturforscher und Ärzte in Innsbruck im September 1924 über die „Tektonik der Alpen“, der einerseits eine Reihe von bis in die Gegenwart unverändert aktuellen wissenschaftstheoretischen Überlegungen zur erdwissenschaftlichen Methodik enthält, und in der sich andererseits der Übergang von der Unterströmung zur Kontinentalverschiebung explizit vollzieht. Wie langwierig gerade in den Geowissenschaften der Weg der Überwindung althergebrachter Ansichten ist, wie mühsam sich der wissenschaftliche Fortschritt in dieser Disziplin vollzieht, erkennt man daran, dass von VACEK immer noch eine Denkweise vertreten wird, die tektonische Schwierigkeiten mittels einer Vertikalschwankungshypothese rein stratigraphisch zu lösen versucht. SCHWINNER (1940, S. 263) bezeichnet ihn deshalb als den

„... letzten Neptunisten ...“.

AMPFERER (1924b, S. 1007) beginnt seine Darstellung mit einleitenden Gedanken über die

„... geistige Pfadsucherei ...“,

wobei er die besondere Bedeutung und zugleich auch die Grenzen wissenschaftlicher Hypothesenbildung hervorhebt.

„... Stets hat jede wichtige Beobachtung zu einer Hypothesenbildung geführt. Sie gehören gleichsam wie Blitz und Donner zusammen. Jede dieser Hypothesen enthält brauchbare und dem Fortschritt dienliche Gedankenwerte. Keine derselben hat aber die Kraft, alle Erscheinungen und Beobachtungen zu durchleuchten oder etwa die künftigen vorherzusagen. Es wäre Vermessenheit, von einer alleinseligmachenden Lehre zu reden, und ein trauriges Ende all des rastlosen Suchens und Denkens ebenso schrecklich, wie statt der großartigen Unendlichkeit des Weltraums eine bestimmte und bekannte Endlichkeit desselben wäre ...“.

Danach folgt wiederum, der methodischen Vorgangsweise in fast allen seinen theoretischen Veröffentlichungen entsprechend, ein wissenschaftsgeschichtlicher Überblick über die bisherigen Gebirgsbildungstheorien, beginnend mit den symmetrisch gebauten vulkanischen Erhebungen BUCHS, der Kontraktionslehre, der Eduard SUESS

„... monumentalen Ausdruck ...“

verlieh, die SCHARDT-LUGEONSche Überfaltungslehre und deren Übertragung in die Ostalpen durch TERMIER und HAUG, bis hin zum Nappismus Leopold KOBERS, eine Lehre, die

„... heute bereits in den meisten Lehrbüchern der Geologie Aufnahme gefunden hat ...“

und die

„... derzeit wohl als die offizielle Alpenerklärung bezeichnet ...“

werden kann. Die eigentliche Besprechung der Tektonik im Lichte seiner Unterströmungslehre beginnt mit einer Feststellung über die Bedeutung der Beobachtung, der ursprünglichsten empirischen Untersuchungsmethode, die sich aus dem Fehlen einer

„... einfachen, experimentellen Kontrolle ...“

in den Erdwissenschaften ergibt, wie AMPFERER (1924b, S. 1009) an einem Beispiel erläutert.

„Wenn wir z.B. beobachten, dass die oberjurassischen Aptychenkalke an geschonten Stellen im Durchschnitte

Schichtlagen von ca. 1 dm Dicke bilden, an anderen Stellen aber auf etwa 1 mm Dicke ausgewalzt sind, so können wir daraus noch nicht auf eine etwa hundertfache Verlängerung und Verbreiterung dieser Schichtzone schließen, weil möglicherweise diese Verdünnung durch eine entsprechende Verdickung in ihrer Gesamtwirkung aufgehoben wird ...“

Nach diesen grundsätzlichen Überlegungen kommt er zu einer Beschreibung der alpinen Gliederung, die drei nebeneinanderliegende Zonen unterscheiden lässt, zwei äußere, aus

„... flach übereinanderliegenden Schubmassen ...“,

die später geschuppt und verfaltet wurden, ausschließlich oberflächennah, und die kristalline Mittelzone, deren Strukturen auf schwere Belastungen in größerer Erdtiefe hinweisen. Diese kristallinen Gesteine liegen südlich einer empirisch nachweisbaren

„... bedeutungsvollen Lücke im Alpengefüge ...“

und gegen die südlichen Kalkalpen hin ebenfalls durch eine tiefe Fuge begrenzt (die „Dinarische Narbe“ von SUESS), unabhängig davon,

„... ob man diese Zone nun als Wurzelzone im Sinne des Nappismus oder als Verschluckungszone in meinem Sinne beschreibt ...“ (AMPFERER, 1924b, S. 1012f).

Der nächste Schritt besteht nunmehr im Einbau der Faltengebirge in die umgebenden Flächen und Räume der Erde. Ein Problem, das AMPFERER (1920, S. 145) schon Jahre vorher beschäftigt hatte, ausgehend von der

„... Eigentümlichkeit der irdischen Faltung, dass einzelne Falten verhältnismäßig sehr selten vorkommen, häufig dagegen Vielheiten derselben. Die Falten haben gleichsam ein geselliges, herdenartiges Auftreten ...“.

Weiters lässt sich empirisch nachweisen,

„... dass sich Faltenstränge nicht selten um sogenannte alte Massive oder Horste scheinbar herumschlingen. Die jüngere Faltung bricht nicht durch solche in ihrer Bahn liegende Gebiete einfach hindurch, sondern umgeht dieselben anscheinend. Es wurde nun die Annahme zur Erklärung herangezogen, dass diese störenden Gebiete aus widerstandsfähigem Material bestehen sollen und die Faltung ihnen nur ausweicht, weil ihre Kräfte versagen. Ich halte diese Auslegung nicht für wahrscheinlich, weil jenen Bewegungen gegenüber, welche die Faltenstränge aufwerfen, der Unterschied zwischen festeren und weicheren, zwischen gefalteten und ungefalteten Schichten verschwindet und jedenfalls eine Abschätzung so breiter und mannigfaltig zusammengesetzter Zonen immer schwer zu prüfen bleibt. Eine andere Deutung ist die, dass entweder die ganze Faltenzone gegen solche Massive oder umgekehrt diese gegen die Faltenzone gedrängt worden sind. Diese Deutung ist genauer zu erforschen, weil ihre Anwendung außerordentlich weite Konsequenzen mit sich führt ...“ (AMPFERER, 1920, S. 147).

Die beiden grundsätzlichen Möglichkeiten sind, die Schlingen als zufällige Produkte zu nehmen, was dem wissenschaftlichen Denken widerspricht, oder ihre komplizierten Formen auf einfachere zurückzuführen. Letzteres versucht AMPFERER (1924b, S. 1013) am Beispiel der mediterranen Faltengebirgsschlingen, die sich nach KOBER in zwei Stränge unterteilen lassen, deren nördlicher aus betischer Kordillere, Pyrenäen, Alpen, Karpaten, Balkan und Kaukasus besteht, der südliche aus Atlas, Apennin, Dinariden, Helleniden, Tauriden und Iraniden. Zwar sind die Verbindungen zwischen diesen Gebirgsstücken größten-

Abb. 14.
Die mediterranen Faltengebirgsschlingen nach AMPFERER (1926, fig. 1).

teils im Meer versenkt und waren zumindest zur damaligen Zeit einer unmittelbaren Überprüfung entzogen, doch hat die Zusammengehörigkeit in den genannten Strängen

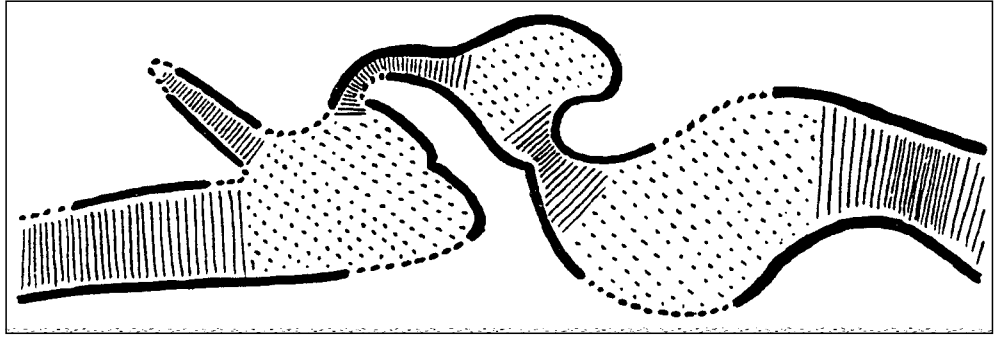
„... einen ziemlich Grad von Wahrscheinlichkeit ...“.

Die weitere Argumentation geht von der Annahme aus, dass zwei ursprünglich parallele Stränge zu Schlingen verbogen wurden, was einen Massenausgleich in größerer Tiefe voraussetzt, der sich an der Oberfläche durch die Bildung hoher Gebirge an den Verengungen und Tiefländern oder Meeresbecken an den Verbreiterungen auswirkt. Diese, in Abb. 14 dargestellte, zunächst rein geometrische Konstruktion, wobei die punktierten Zonen die Verbreiterungen, die anderen die Verengungen darstellen, erfährt ihre empirische Bestätigung in der Einsenkung des ungarischen Beckens innerhalb des Karpatenbogens ebenso wie durch jene des Tyrrhenischen Meeres innerhalb von Atlas und Apennin, sowie Ägäischem Meer im Bogen von Helleniden und Tauriden. Damit ist aber die Auflösung der alpinen Mechanik längst zu einer über diese hinausreichenden kontinentalen Frage geworden. An dieser Stelle ergibt sich der Anschluß an die Vorstellungen der Kontinentalverschiebung fast von selbst, denn

„... von meinem Standpunkt der Unterströmungshypothese ist der Übergang zur Hypothese von Wegener unschwer zu vollziehen. Ich brauche nur die Schollentrift von Unterströmungen statt von äußeren Kräften abhängig zu denken. An Stelle eines Schwimmens, das ich für mechanisch unmöglich halte, muß ich an den Schollenstirnen Einschmelzungen und an den Rückseiten Magmaauffressungen einschalten. Ohne mich hier in die Frage der großen Kontinentverschiebungen weiter einzulassen, möchte ich nur bemerken, dass die von mir hier vorgelegte mechanische Deutung der Faltengebirgsschlingen unbedingt für eine große gegenseitige Beweglichkeit der Erdschollen spricht und somit von rein tektonischer Seite her eine wesentliche Unterstützung der Vorstellungen von Wegener bedeutet ...“ (AMPFERER, 1924b, S. 1014).

Freilich vermochte sich die geotektonische Weltauffassung der Überfaltung ebenso gut mit der Kontinentalverschiebung wie mit einer Erdkontraktion in Einklang bringen. War der Nappismus

„... anfangs in die Zwangsjacke der Erdkontraktion eingesperrt, so wurde er aus derselben von E. Argand und R. Staub befreit. Diese Forscher schlossen die Mechanik des Nappismus unmittelbar an die Hypothese der Kontinentverschiebungen von A. Wegener an. Diese Hypothese konnte den Tektonikern jedes erforderliche Ausmass von Horizontalverschiebungen spielend zur Verfügung stellen. Die Alpen und anschließend die ganzen mediterranen Faltengebirge sollten durch den Vormarsch des alten Gondwanalandes gegen und über Eurasien gebildet worden sein. Man wird nicht leugnen können, dass in dieser Vorstellung Großartigkeit und Einheitlichkeit der Vorgänge sich zu einem Bewegungsbilde von weltumspannender Gewalt vereinigen“ (AMPFERER, 1940, S. 314).



Diese kühnen Gedanken vermag AMPFERER (1928, S. 327), wie er selbst zugibt, mit seiner geologischen und mechanischen Erfahrung nicht in Einklang zu bringen.

„Wenn wir die neuesten Modelle des Alpenbaues betrachten, wie sie in den Alpenbüchern von Argand, Heim, Jenny, Kober, Staub veröffentlicht worden sind, so kann man nur staunen, dass es möglich ist, diese phantastischen Geschwülste für Abbildungen des wirklichen Alpenbaues zu halten. Es ist mir jedenfalls in 30 Jahren Alpengeologie noch nirgends ein damit vergleichbares tektonisches Gebilde begegnet.“

Daher ist er auch im Zweifel darüber, ob es sich wirklich um mechanische Vorgänge oder nicht vielmehr um einen

„... Stammbaum, eine Abstammungsgeschichte der verschiedenen Decken und ihrer Verzweigungen und Verwandtschaften ...“

handelt.

Dass er dennoch der Deckenlehre nicht gänzlich ablehnend gegenüberstand, zeigt sich erneut in seiner Stellungnahme gegen die tektonische Einordnung der Salzstöcke in den Nördlichen Kalkalpen, wie sie in den markscheiderischen Arbeiten von SEIDL und PLANK vorgenommen wurde, in denen die Lage dieser Salzstöcke auf großen Schubbahnen bezweifelt wird.

„Ohne ein Vertreter der offiziellen Deckenlehre zu sein ...“,

schreibt AMPFERER (1928b, S. 59),

„... zwingen mich doch meine eigenen Aufnahmeergebnisse in den Nordalpen, gegen diese Behauptung Einsprache zu erheben. Ich behaupte im Gegenteil, dass erst durch die Erkenntnis der großen Überschiebungen eine richtige Einfügung der Salzstöcke in den Bau der Kalkalpen möglich geworden ist ...“.

Damit wird nicht nur seine Unvoreingenommenheit und seine den Wert jeglicher wissenschaftlichen Theorie, möge sie auch seinen eigenen Ansichten nicht vollends entsprechen oder sogar entgegenstehen, anerkennende Haltung offenbar, sondern der hohe Stellenwert der Empirie. Jede deduktive Schlußfolgerung bedarf der Bewährung in der feldgeologischen Erfahrung.

Die weiteren Studien, die dem Ausbau und der Festigung der Unterströmungstheorie dienen, führen zur Bildung neuer Begriffe. So kann etwa die hochkomplizierte Form einer schwungvollen Stirnfalte nur in unverbrauchtem Schichtmaterial zustandekommen, also im ursprünglichen Ablagerungsraum, von wo sie dann ohne stärkere Bearbeitung verschleppt wurde. Damit verbindet sich der Begriff der „Totfaltung“, denn

„... man kann im Verlaufe der Faltenbildung unschwer einen lebendigen Vorgang erblicken, dem wie allem Lebendigen Erschöpfung und Tod das natürliche Ende bereiten ...“ (AMPFERER, 1938, S. 35f).

was a humbug. Now you come and preach as something brand new, what we learned in our schools already in the late 1920ies ...“ (SCHWARZBACH, 1981, S. 3).

Aber sogar WEGENER hat, wie er selbst schreibt, als ihm die Idee

„... bei der Betrachtung der Weltkarte unter dem unmittelbaren Eindruck von der Kongruenz der atlantischen Küsten ...“

erstmal kam, sie für so unwahrscheinlich gehalten, dass er sie nicht weiter verfolgte. Mit diesem morphologischen Gedanken, den auch schon Francis BACON in seinem „Novum Organum“ (1620) erwähnt (vgl. KEARY & VINE, 1990, S. 1), leitet er denn auch das erste Kapitel seiner „Verschiebungstheorie“ ein.

„... Wer die gegenüberliegenden Küsten des Südatlantik betrachtet, dem muß der gleichartige Verlauf der Küstenlinie von Brasilien und Afrika auffallen. Nicht allein der große rechtwinklige Knick, den die brasilianische Küste bei Kap San Roque erfährt, findet sein getreues Negativ in dem afrikanischen Küstenknicke bei Kamerun, sondern auch südlich dieser beiden korrespondierenden Punkte entspricht jedem Vorsprung auf brasilianischer Seite eine gleichgeformte Bucht auf afrikanischer, und umgekehrt jeder Bucht auf brasilianischer ein Vorsprung auf afrikanischer Seite. Wie ein Versuch mit dem Zirkel am Globus lehrt, stimmen die Größen genau. Diese auffallende Erscheinung ist der Ausgangspunkt einer neuen Vorstellung über die Natur unserer Erdrinde und die in ihr stattfindenden Bewegungen geworden, welche wir mit dem Namen Theorie der Kontinentalverschiebungen oder kurz Verschiebungstheorie bezeichnen, weil ihr augenfälligster Bestandteil die Annahme größerer horizontaler Triftbewegungen ist, welche die Kontinentalschollen im Laufe der geologischen Zeiträume ausgeführt haben und vermutlich noch heute fortsetzen ...“ (WEGENER, 1922, S. 1 u. 3).

Die dritte Auflage, die mit dieser Textstelle eingeleitet wird, hatte WEGENER völlig umgearbeitet. Nachdem er im ersten Kapitel die Verschiebungstheorie und ihre wesentlichen Aussagen skizziert hat, kommt er im zweiten Kapitel zu deren Verhältnis zu bestehenden Theorien, insbesondere der Kontraktionstheorie. Die Kapitel drei bis sieben bringen die Beweisführung für seine Theorie, und zwar gegliedert in geophysikalische, geologische, paläontologisch-biologische, paläoklimatische und geodätische Argumente. Weitere sechs Kapitel dienen Erläuterungen und Schlußfolgerungen.

Wenn WEGENER im Vorwort schreibt, er hoffe, damit den Stoff in eine neue, überzeugendere Form gegossen,

„... das Wesentliche vom Beiwerk besser getrennt ...“

zu haben, zeigt sich bereits, dass er sich durchaus Gedanken über seine methodische Vorgangsweise machte. Tatsächlich enthielt seine Theorie einen Schwachpunkt, nämlich die Annahme von Polfluchtkräften als treibende Kraft für die Kontinentalverschiebung, eine Hypothese, die

„... von den Geophysikern mit Recht durchwegs abgelehnt ...“

wurde, ebenso von den Geologen, da sie

„... keine Möglichkeit zur Erklärung der völlig entgegengerichteten Vorgänge bot, wie sie einerseits zur Entstehung der Pangea, andererseits zu deren Zerreißung geführt haben soll ...“ (THENIUS, 1981, S. 408).

In der Überwindung dieses zurecht bestehenden Einwandes mittels der Subfluenz, die anstelle äußerer Kräfte nunmehr innere für den Antrieb der Kontinente heranzieht, liegt die große Bedeutung der Unterströmungstheorie für die Plattentektonik.

Der zweite mobilistische Schritt nach der Erkenntnis der Deckenlehre hat in der Wissenschaftsgeschichte ebenfalls eine Reihe von Vorläufern, bereits Alexander von HUMBOLDT hat 1801 ähnliche Gedanken geäußert (THENIUS, 1981, S. 408), die sich in der einen oder anderen Weise von den fixistischen Vorstellungen im eigentlichen Sinn unterschieden. WEGENER zählt jene Arbeiten, die er als Annäherung an seine eigene Theorie betrachtet, auch im ersten Kapitel auf. Für HENNIG (1934, S. 349) ist die Drift der Festländer ein

„... Kind der Alpen-Tektonik ...“,
weil

„... ohne das Wissen um die waagrechten Verfrachtungen von Krustenteilen ...“

diese Vorstellung nicht

„... kühn um nochmals mehrere Grade gesteigert ...“

hätte werden können. Ob WEGENER selbst allerdings wirklich von solchen Überlegungen über alpine Bewegungsbilder ausgegangen ist, sei dahingestellt. Ebenso wie die mobilistische Kontinentalverschiebung als solche, ist auch der sich in bemerkenswerter Weise dazu ergänzende mobile Magmatismus bereits 1904, also noch vor AMPFERER und unabhängig von diesem, von dem britischen Geophysiker FISHER in Form von Konvektionsströmen erkannt worden. Die endgültige Annäherung vollzieht AMPFERER unter dem Eindruck der in Frankfurt stattfindenden Tagung „Atlantis 1939“ (vgl. SEIBOLD & SEIBOLD, 1992, S. 270), deren Beiträge auf vierhundert Seiten in den „Atlantisheften“ des 30. Bandes der Geologischen Rundschau vorliegen, in seinen „Gedanken über das Bewegungsbild des atlantischen Raumes“.

Die Deutsche Meteor-Expedition hatte ein Bild von unterseeischen Schwellen festgestellt, das eine Großgliederung des Atlantikbodens durch eine langgestreckte Mittelschwelle zeigte, von der nach beiden Richtungen schmalere seitliche Rippen abzweigen. Hier knüpft AMPFERER (1941b, S. 21f) nun unmittelbar an die Überlegungen WEGENERS an, denn

„... die Betrachtung dieser Großgliederung lehrt uns, dass wir hier vor einer Raumteilung stehen, welche von einer Halbierung ihren Ausgang nahm. Diese Halbierung stützt sich auf die gegenüberliegenden Umrisse von Europa und Afrika und Nord- und Südamerika...“

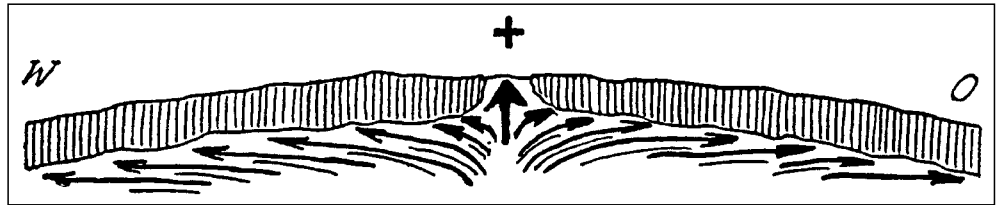
Die Frage ist nun, wie eine solche Halbierung des atlantischen Raumes geologisch erklärt werden kann. Vom Standpunkt der Drifttheorie bleibt diese Raumhalbierung unverstänlich, denn

„... hätte sich Amerika lediglich von Europa-Afrika losgerissen und dann den Atlantisraum in Westdrift geschaffen, so wäre die Schöpfung eines solchen Halbierungsrückens nicht zu begreifen ...“

Verschiebungen durch tiefere Unterströmungen im Erdinneren vermögen aber sehr wohl einen Lösungsansatz zu bieten, wie aus Abb. 16 ersichtlich wird. In diesem Schema befindet sich unter einer großen Kontinentmasse eine starke, länger anhaltende, aufsteigende Massenströmung, die im Laufe der Zeit zum Durchbrechen und Auseinandertreiben der Kontinentmasse führt. An der Stelle der Zerreißung dringen tiefere Massen auf –

„... die Geburt des zentralen Mittlrückens. ...“

Abb. 16.
Erklärungsversuch AMPFERERS
(1941b, Fig. 2) zur Entstehung
des Mittelatlantischen Rückens.



Die Querswellen sind in diesem System als Weglinien derselben Unterströmung aufzufassen, die auch die Mittelschwelle geschaffen hat.

Die Verschiebungen der Kontinente zeigen mit den aufsteigenden Strömungen einen den Verschluckungen bei der Gebirgsbildung genau entgegengesetzt wirkenden dynamischen Vorgang. Dass die Kontinentalbewegung nicht mit der Erdrotation zusammenhängen kann, läßt sich rein experimentell durch eine Zentrifugalmaschine zeigen. Die Massenarrangierungen entlang des Äquators müßten in diesem Fall weit regelmäßiger sein. Auch die Ablösung und weitere Abdriftung von Randteilen der Kontinente geht nicht nach einer bestimmten Richtung vor sich. AMPFERER (1941b, S. 29f) erläutert dies am Beispiel des Inselbogens des Karibischen Meeres, der zwischen den drei großen Inseln Kuba, Jamaica und Hispaniola im Norden und der südamerikanischen Halbinsel Guajira im Süden liegt. Von der langgestreckten Insel Kuba ausgehend läßt sich die fortschreitende Verkleinerung der Inselkörper sehr gut verfolgen.

„Es ist hier nicht der Ort, um näher auf die wunderbaren Auflösungen der Kontinentmassen und ihre schwungvollen Neuordnungen im Zuge der Unterströmungen einzugehen. Wir gelangen damit zu der Einsicht, dass diese Inselbögen gleichsam abgerissene Randstreifen großer Kontinente vorstellen, welche in den Pazifischen und Atlantischen Ozean hinausgetrieben wurden. Anscheinend haben dabei die riesigen Kontinentmassen den Unterströmungen großen Widerstand geleistet, so dass diese meist nur Randteile abzubröckeln und in die Ozeane hinauszutreiben vermochten. Von diesem Standpunkte aus müßte Asien das stabilste Element der Kontinente vorstellen. Von seiner Riesenmasse müßten weiter die meisten Randteile abgerissen und abgetrieben worden sein. Ein Blick auf den Globus überzeugt uns davon, dass diese Forderung vollauf erfüllt ist ...“.

Diese Zerreißen und Biegung der Inseln durch Unterströmungen sieht er als Analogie zu den

„... gestreckten und zerrissenen Belemniten in den Bündner Schiefern der Schweiz ...“,

denn so wie diese stecken auch die Inseln in einer, freilich der unmittelbaren Beobachtung nicht zugänglichen, fließenden Grundmasse.

Es ist ersichtlich, dass sich Unterströmungstheorie und Kontinentalverschiebungstheorie in diesen Textstellen sehr einander angenähert haben. AMPFERER hatte seine ursprünglich nur auf die Faltengebirge angewandte Theorie mit den Konvektionszellen auf die ganze Erdkruste ausgedehnt und andererseits wurden die Konvektionsströme des Magmas als möglicher Antrieb der Kontinentaldrift in Betracht gezogen. Der wesentliche Unterschied zur Theorie WEGENERS bestand

„... in einer Zuhilfenahme einer doppelseitigen Bewegung von dem atlantischen Mittelrücken aus...“ (AMPFERER, 1941b, S. 23).

Fast zwanzig Jahre später stellte der amerikanische Geophysiker HESS mit seiner „History of ocean basins“

das Konzept des sea-floor-spreading vor, das er selbst als „Geopoesie“ bezeichnete (vgl. THENIUS, 1988, S. 103). In den Folgejahren wurde die Plattentektonik durch zahlreiche Messungen und Bohrungen, insbesondere auch bei den Forschungsreisen der Glomar Challenger weiter bestätigt. Sie ist die umfassendste Theorie, die in den Geowissenschaften bisher hervorgebracht wurde.

ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, S. 268f) haben am Beispiel der Plattentektonik den Prozeß erdwissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung umfassend dargestellt. Die Komponenten der empirischen Ebene, die den induktiven Generalisierungen zugrundeliegen, sind die geologischen Befunde, also das Vorhandensein geologischer Formationen gleichen Alters und ähnlicher Ausbildung sowie tektonischer Strukturen gleichen Alters in Kontinenten, die heute durch breite Ozeane voneinander getrennt sind, und die bereits mehrfach angesprochenen morphologischen Befunde, das fast fugenlose Zusammenpassen der Schelfränder zu einer geschlossenen Landmasse Pangäa. Dazu kommen paläontologische, sedimentologische und vor allem auch geophysikalische (magnetische, gravimetrische, seismische) Beobachtungen. Entscheidend ist nun, wie ja auch vorhin dargestellt, dass sich die beiden Teilhypothesen Kontinentaldrift und Sea-floor-spreading zu einer Grundhypothese vereinigten und weitere Teilhypothesen, etwa das Paläoklima, die Umkehrung des Magnetfeldes der Erde, Polwanderung und Physikalische Modelle, hinzutraten. Die Theorie muß, will sie allen Anforderungen genügen, in sich ein einheitliches, widerspruchsfreies Gebilde darstellen, wozu bei geowissenschaftlichen Theorien noch der Einklang mit physikalischen und chemischen Gesetzen, das „Postulat der externen Konsistenz“, hinzukommt.

Gerade weil die Plattentektonik die sowohl aus geschichtlicher wie philosophischer Sicht meistbeschriebene erdwissenschaftliche Theorie ist, überrascht es, dass sie nach wie vor als Musterbeispiel für einen revolutionären Paradigmenwechsel im Sinne von KUHN herangezogen wird. Wie schon einleitend dargestellt wird diese Meinung etwa von WILSON, CHAIN und HALLAM vertreten, aber auch beispielsweise, unter ausdrücklicher Berufung auf KUHN, von dem Grazer Professor FLÜGEL (1980, S. 249). Wie die wissenschaftsgeschichtliche Rekonstruktion zeigt, ist es aber nur ein kleiner Schritt von der Kontinentalverschiebungstheorie WEGENERS und der Unterströmungstheorie AMPFERERS zu ihrer Vereinigung und Synthese zur Plattentektonik, wie dies etwa bei SCHMIDT (1976, S. 53f) und WAGENBRETH dargestellt wird.

„Damit sind die Unterströmungstheorie Otto Ampferers und die Kontinentalverschiebungstheorie Alfred Wegeners wissenschaftshistorisch gleichwertige Wurzeln der Plattentektonik unserer Zeit. So ergibt sich die Plattentektonik bzw. neue Globaltektonik nicht als absolut neue Theorie gegenüber gegensätzlichen alten, aber auch nicht als bloße Fortsetzung der Theorie Wegeners (wie es aus manchen Veröffentlichungen scheinen könnte), sondern als logische und historische Konsequenz aus der Synthese von Wegeners Kontinentalverschiebungstheorie und Amp-

ferers Unterströmungstheorie, präzisiert auf der Basis stark vermehrter geologischer und morphologischer Kenntnis der Ozeanböden ...“ (WAGENBRETH, 1982, S. 324).

Die Entwicklung der erdwissenschaftlichen Erkenntnis stellt sich so als eine Aufeinanderfolge und gegenseitige Ablösung von Theorien dar, die jeweils einer Prüfung durch Anwendung unterzogen werden, wobei es zur Bewährung oder Modifizierung einer Theorie, entsprechend dem in Abb. 1 dargestellten Schema kommt, der Wahrheitswert der alten Theorie aber erhalten bleibt und in die neue Theorie eingebaut wird. Sowohl der von WEGENER angenommene grundlegende Unterschied zwischen dem Tiefenbau der Kontinente und der Ozeane, wie auch die von AMPFERER aus dem alpinen Raum global verallgemeinerten subkrustalen Konvektionsströme sind wesentliche Elemente der plattentektonischen Theorie, ohne die diese Theorie nicht gedacht werden kann. Ebenso hat sich die Deckenlehre in den Alpen in einer Weise als richtig erwiesen, die einen

„... noch wesentlich intensiveren und großzügigeren Deckenbau als in der klassischen Zeit ...“

bestätigte.

„... Das 1959 neu abgetrennte mittelostalpine Deckenstockwerk zwingt zu gewaltigen Schubweiten des im wesentlichen auf die nicht metamorphe paläozoisch-mesozoische Sedimenthaut beschränkten oberostalpinen Deckensystems im Ausmass von 165 km Horizontaltransport nur zwischen den beiden letzterwähnten Etagen ...“ (TOLLMANN, 1974, S. 59f).

Es legt sich, schreibt TOLLMANN (1974, S. 56 u. 57),

„... wie ein später Hauch der Versöhnung die Erkenntnis über die einstigen heftigen Diskussionen, dass manches scheinbar Konträre zu Recht besteht ...“

und dass

„... der wahre Kern der Theorien ...“

vor der stets mit neuen Mitteln prüfenden Kritik bestehen bleibt. Nur was sich als falsch erweist, erfährt eine entsprechende Modifikation. Der bereits mehrfach zitierte Bernhard COTTA schreibt in seinen „Geologischen Briefen“ (1850, S. 87):

„Noch unnützer ist natürlich jeder Versuch einer Abschluß bezweckenden Debatte, da es denn doch sehr sonderbar wäre, wenn man glaubte, bei wissenschaftlichen Dingen durch sie zur Wahrheit gelangen zu können ...“.

5. Die angewandten Geowissenschaften der Gegenwart

Die vorhergehenden Fallstudien erstrecken sich zeitlich von den Anfängen der Systematisierung empirischer Beobachtungen am Beginn des 19. Jahrhunderts bis unmittelbar vor den Beginn des Zweiten Weltkrieges, kommen somit der heutigen Forschung und wissenschaftlichen Prozessen und Theorien sehr nahe, die vielfach in heftigem Wettstreit miteinander begriffen, noch nicht abgeschlossen sind. Hand in Hand mit einer größeren Vielfalt technischer Möglichkeiten geht die Diversifizierung in zahlreiche Teildisziplinen. Die nachstehende Skizze bildet deshalb bestenfalls eine Momentaufnahme einer notwendigerweise subjektiven Auswahl, um das wissenschaftsgeschichtliche Bild in seiner Gesamtheit abzurunden. Eine Beschränkung auf die Angewandten Geowissenschaften erscheint gerechtfertigt, insofern das praktische Han-

deln ohne Empfehlungen und Anleitungen aus theoretisch gewonnenen Erkenntnissen unmöglich wäre.

Auch GUNTAU (1984, S. 9) sieht die Anwendung in einem erheblichen Umfang als Bestandteil der Wissenschaft. Zudem hat der Begriff heute durch aktuelle umweltgeologische Fragestellungen eine weit über die einstmals sehr eng gefasste Bergbaugeologie, im Sinne einer Versorgung mit Rohstoffen und Energie, hinausgehende Bedeutung erlangt.

Wie bereits gezeigt worden ist, mußte der „Gebrauchswert“ der wissenschaftlichen Ware schon zur Zeit der Gründung der Geologischen Reichsanstalt dazu dienen, die

„... inneren Werte ...“,

mit diesem Begriffspaar kennzeichnet AMPFERER (1937, S. 89) den Gegensatz von reiner Wissenschaft und praktischer Anwendung, zu rechtfertigen. Schon bei PLINIUS findet sich in seiner Naturgeschichte die Betonung der Nützlichkeit der beschriebenen Dinge, die den Vorhaben des Menschen dienen (MASON, 1991, S. 78). Vergleicht man dies mit der Hervorhebung zu erbringender Leistungen für Staat und Gesellschaft in einem Gutachten über die Reorganisation der Geologischen Bundesanstalt (BENDER et al., 1981, S. A10f), erkennt man leicht die Parallelität der Argumentationsweisen. Auch FRANZ VON HAUER (1875c, S. 3) weist bei einer Festansprache anlässlich des 25jährigen Jubiläums der Reichsanstalt auf die in den Erdwissenschaften viel deutlicher als in anderen Naturwissenschaften unterscheidbaren zwei Richtungen hin. Zum einen tritt sie mit der

„... idealen wissenschaftlichen Richtung ...“

an die höchsten Probleme heran,

„... deren Lösung überhaupt durch die Beobachtung der Sinnenwelt angestrebt werden kann ...“,

und gewährt dadurch

„... dem Geiste die höchsten Genüsse ...“.

Zum anderen bietet aber eine genaue Kenntnis der Erdrinde die Möglichkeit,

„... alle die mannigfaltigen nutzbaren Produkte des Mineralreiches, die bei Gewerben und Künsten, beim Ackerbau, ja überall im täglichen Leben Verwendung finden, aufzusuchen, unter der Erdoberfläche zu verfolgen und der Ausbeutung zugänglich zu machen. Ihre Hilfe befähigt den Ingenieur, in jeder einzelnen Gegend das geeignete Materiale für seine Bauten zu wählen und die zweckmässigsten Tracen für seine Strassen und Eisenbahnen auszumitteln; sie belehrt ihn im Vorhinein, welche Gesteine und in welcher Art der Anordnung er dieselben bei der Tunnellirung mächtiger Gebirgsketten zu erwarten hat. Von ihr erschliesst der Bohrmeister Springquellen in wasserarmen Gebieten und zaubert, wie wir auf der Margarethen-Insel bei Pest gesehen haben, Ströme kochend heissen Mineralwassers an die Erdoberfläche ...“.

Eine Lösung all dieser Aufgaben in befriedigender Weise kann nur auf streng wissenschaftlichem Wege erfolgen.

Es blieb AMPFERER nicht erspart, jene Zeit noch erleben zu müssen, in der die Geowissenschaften zur Potemkinschen Forschung verkamen, die glaubte, durch eine große Menge an beschriebenem Papier die Unwichtigkeit der Ergebnisse verschleiern zu können.

Wie so viele damalige Geschehnisse wartet auch die „Reichsstelle für Bodenforschung, Zweigstelle Wien“ noch auf ihre zeitgeschichtliche Aufarbeitung, ebenso ist die Rolle der Erdwissenschaften, insbesondere ihrer an-

gewandten Zweige, in diktatorischen oder autoritären politischen Regimen bislang wissenschaftsgeschichtlich unbeleuchtet geblieben.

„... Noch in keinem Jahr ...“,

heißt es im Jahresbericht des provisorischen Leiters, Bergrat BECK (1939, S. 2),

„... wie in diesem neunzigsten seit ihrer Gründung als k.k. Geologische Reichsanstalt, war der Auftrieb und die Begeisterung im Arbeitseinsatz so überwältigend wie im Jahre 1938, dem Jahre der Rückkehr der Ostmark in das deutsche Mutterland. Am 16. März erging an die Anstalt der Ruf zum höchsten Arbeitseinsatz für Großdeutschland, zur sofortigen Mitarbeit an den dringendsten Aufgaben des Vierjahresplanes der Rohstoffbeschaffung ...“

Ein Bericht des zum Rücktritt gezwungenen Direktors GÖTZINGER (1946, S. 1f) zeichnet allerdings ein etwas anderes Bild.

„... Die große Tradition des alten Institutes wurde mit einem Schlage zerbrochen. Die Landesaufnahme wurde sistiert, ebenso die wissenschaftliche Tätigkeit, der Druck der geologischen Karten eingestellt. Die Anstalt wurde eingerichtet nur auf praktisch-geologische Arbeiten, insbesondere Lagerstättenforschung, um die Grundlagen für die schon damals im geheimen vorbereitete Kriegsaufrüstung zu gewinnen...“

Zu diesem Zweck wurde bereits 1938 sämtliches wichtiges Material über nutzbare Lagerstätten an die zentralen Stellen in Deutschland übergeben. Der von Göring aufgestellte Vierjahresplan wurde zur alleinigen Existenzberechtigung geologischer Forschung und selbst die Geschichte mußte dafür als Begründung herhalten.

„... Nun uns der Wille des großen Einigers des deutschen Volkes, Adolf Hitler, zur gemeinsamen Arbeit mit den übrigen geologischen Anstalten des Reiches aufgerufen und in die Front des Vierjahresplanes gestellt hat, gehen wir wohlgerüstet an die neuen Aufgaben. Sind doch die Aufgaben des Vierjahresplanes bereits vollinhaltlich in dem Gründungsstatut unserer Anstalt von 1849 enthalten und galt die neunzigjährige Geschichte der Anstalt seiner Erfüllung ...“ (GIRARDI, 1939, S. 250f).

Aufgaben warten auf die Geowissenschaften,

„... von derartiger Größe und Bedeutung, wie sie der Wissenschaft noch niemals gestellt worden sind ...“.

Diese Aufgaben machten eine Neugliederung der Arbeitsbereiche erforderlich, nunmehr nicht nach Kartenblättern, sondern nach Bodenschätzen und somit in eine Erzlagerstättenabteilung, Erdölabteilung, Kohlenabteilung, eine Abteilung für Baugeologie und eine Abteilung für landwirtschaftliche Bodenkunde (BECK, 1939, S. 3). Schließlich wurde auch eine Zweigstelle der in Berlin bereits existierenden Deutschen Steinbruchkartei eröffnet (KIESLINGER, 1939, S. 23f). Sie sollte den Steinbedarf der verschiedenen geplanten und bereits begonnenen Bauvorhaben sichern. Dazu gehörten die Reichsautobahnen, nach deren Trassenführung die Geologen ihre Aufnahmearbeiten an Kartenblättern primär auszurichten hatten. Zwei schwerwiegende Irrtümer enthielt die damalige Vorgangsweise, die einen Fortschritt in der erdwissenschaftlichen Forschung so gut wie unmöglich machten. Erstens das völlige Negieren jeglicher Grundlagenforschung zugunsten des Strebens nach der Ausbeutung nicht erneuerbarer Rohstoffe. Und zweitens durch die Mißachtung des Menschen das Brachliegen von Ideen, denn nirgendwo wirkt sich fehlende Kommunikation und daraus resul-

tierende mangelnde Innovation so folgeschwer aus wie in der Forschung. Verbietet man die Gedanken, erstickt man die Wissenschaft.

Je länger der Krieg andauerte, umso mehr Geologen wurden darin direkt eingebunden. In der Gegenwart hat sich dafür der unglückselige, weil verharmlosende Begriff „Wehrgeologie“ etabliert (vgl. HÄUSLER, 1986, S. 125f), zweifellos ist aber der schon in der Kriegsvermessungs-Vorschrift von 1917 enthaltene Ausdruck „Kriegsgeologie“ zutreffender (KRANZ, 1920, S. 332). Mineralische Bodenschätze sind unbestreitbar weltpolitische und militärische Machtfaktoren, was immerhin auch schon sehr frühzeitig zu dem Gedanken führte,

„... durch internationale Regulierung der Zufuhr den Beginn oder jedenfalls die Fortsetzung eines von der Völkergemeinschaft mißbilligten Krieges unmöglich zu machen ...“,

wie es in einem wirtschaftsgeologischen Werk (FRIEDENSBURG, 1936, S. 214) im Abschnitt „Kriegsverhütung und Kriegsbeendigung durch bergwirtschaftliche Sanktionen“, nur wenige Jahre vor dem Ausbruch des Zweiten Weltkrieges, dargelegt wird.

Der Beitrag, den jede Wissenschaft, nicht nur die Geowissenschaften, in einem bestimmten politischen und zeitgeschichtlichen Umfeld leistet, kann nicht losgelöst von diesem größeren Zusammenhang betrachtet werden. GÖTZINGER (1947, S. 3) bringt das in seiner Wiederantrittsrede als Direktor sehr deutlich zum Ausdruck.

„Die praktisch-geologische Betätigung der damaligen Zweigstelle Wien des Reichsamtes für Bodenforschung Berlin erreichte wohl größere Dimensionen. Aber all die aufopfernde Arbeit, die hier in der sogenannten Ostmark auch in unserem Fachgebiet geleistet wurde, diente nur der Organisation eines Krieges, der das Unglück Deutschlands geworden ist ...“.

Aus der Sicht dieser Tage, in denen sich

„... in nie geahntem Umfange wissenschaftlicher Scharfsinn staatlichen Machtinteressen zur Verfügung gestellt hat ...“,

wird verständlich, wenn NIGGLI (1946, S. 23)

„... sich sozial gebärdenden ...“

Studenten der Hochschule Zürich, die die zweckfreie Wissenschaft in Frage stellen, entgegenhält, dass

„... nur die geistige Weite und Unabhängigkeit einer Persönlichkeit, die Liebe zur wissenschaftlichen Wahrheit, der Drang zum Erkennenwollen an sich ... vor mißbräuchlicher Verwendung fachlichen Könnens schützen ...“.

Das Ende des politischen Systems hinterließ bei der Flucht von LOTZE, der 1941 die Leitung der Zweigstelle übernommen hatte, eine Spur der Verwüstung. Maria RÖSLER, die Sekretärin der Bibliothek, erhielt den Auftrag

„... wichtige wissenschaftliche Unterlagen für österreichische Bergwerke und Lagerstätten in den Hof zu schleppen, mit Benzin zu übergießen und zu verbrennen, welcher Auftrag aber nicht durchgeführt wurde. Ihren Rat, doch noch vor dem Eintreffen der roten Armee die Führerbilder aus den Anstaltsräumen zu entfernen, lehnte er mit dem Hinweis ab: es ist ja schon so viel von der Anstalt hin, so macht es nichts, wenn auch der Rest zugrunde geht... Die Folge war, dass beim Eindringen des russischen Militärs in das Anstaltsgebäude beim Anblick der noch hängenden Hitlerbilder viel mehr ruiniert und verwüstet wurde, als sonst vielleicht verwüstet worden wäre ...“ (WALDMANN, 1945, S. 4).

Das Ende eines falschen Verständnisses geologischer Anwendung war das freilich noch lange nicht. So spielte sie beim „Desert Storm“ (UNDERWOOD, 1992, S. 69) eine Rolle und die Wehrgeologen in Somalia haben

„... der Zivilbevölkerung in Belet Uen mit ihrer Wasserversorgung nicht das spärliche Trinkwasser abgegraben ...“ (WILLIG, 1994, S. 87).

Es bleibt zu hoffen, dass der angesprochene Fragenkreis in den Erdwissenschaften verstärkt diskutiert und anhand wissenschaftsgeschichtlicher Beispiele analysiert wird. Denn weniger als alle anderen Wissenschaften können sich die Geowissenschaften, ein Terminus der ab 1950 mehr und mehr gebräuchlich wird, ihrer gesellschaftlichen Verantwortung entziehen.

Neue Erkenntnis ist stets auch ein Weg zu mehr persönlicher Freiheit, wie KÜPPER (1970, S. 30) in seinen Überlegungen infolge der Studentenunruhen 1968 schreibt.

„Man mag im Geologischen bei unseren Vorgängern an die Photogeologie denken; wenn ein Jüngerer dieses Gebiet damals beherrschte, so hatte er einen Freiheitsgrad mehr verfügbar als sein Lehrer; man mag im heutigen an die moderne Geophysik denken; wem diese kein Buch mit sieben Siegeln ist, dem sind mehr Türen geöffnet als demjenigen, der nur auf bisher altvertrauten Pfaden forscht ...“.

Zugleich wird deutlich, dass der Übergang von den klassischen Erdwissenschaften zu den modernen Geowissenschaften durch eine zunehmende Interdisziplinarität gekennzeichnet ist. Die Anwendung physikalischer und chemischer Methoden, sowie mathematischer Modelle, in einem bisher nicht gekannten Ausmass, führt zur Entstehung einer Vielfalt von „Brückenfächern“, von denen bislang die Geophysik und Geochemie am deutlichsten ausgeprägt sind (SEIBOLD, 1988, S. 5).

Den ursprünglichen Aufgabenbereich angewandter Geologie bildete die Versorgung mit Rohstoffen und Energie. Das spiegeln übrigens die Programme zur erdwissenschaftlichen Gemeinschaftsforschung der Europäischen Union bis in die Gegenwart deutlich wieder (SCHMIDT, 1993, S. 93). Durch die Ölkrise scheint ein rapides Absinken des Lebensstandards unvermeidlich, doch war die heutige Denkweise eines sorgsam Umganges mit nicht erneuerbaren Rohstoffen noch nicht entwickelt, und man versuchte, die Problematik durch einen anderen Lösungsansatz in den Griff zu bekommen.

„... Das Problem, das sich heute stellt, heißt nicht: Wir brauchen viel Energie, sondern wir brauchen viel billige Energie, also einen Ersatz für das teure Erdöl ...“ (RONNER, 1974, S. 150).

Analog zu den bereits bestehenden Projekten in Frankreich und insbesondere in Ungarn, die Thermalwässer Budapests wurden ja schon erwähnt, sollte unter Federführung der Geologischen Bundesanstalt auch in Österreich die ungenutzte Erdwärme erschlossen werden, deren Vorteil in der Möglichkeit einer stufenweisen Multianwendung lag.

Modellversuche zur Erklärung der Geothermie gab es schon sehr frühzeitig. Berühmt geworden ist etwa die Darstellung des Zentralfeuers durch den Jesuitenpater Athanasius Kircher im 17. Jahrhundert (vgl. OESER, 1992, S. 21f), aber auch die ersten Bemühungen, diese Energie zu nutzen, gehen weiter zurück als meist angenommen wird, die bekannte Erdwärmeanlage von Larderello in Italien etwa in das Jahr 1894 und im US-Bundesstaat Oregon gab es mit Erdwärme geheizte Wohnungen seit 1890. Das war möglich, weil sich die Geothermie als eigenständige

Disziplin bereits in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts herausgebildet hatte (KÜHN, 1988, S. 56 u. 59).

Geothermie als Energiequelle ist

„... ein Schlagwort, das von Zeit zu Zeit auftaucht – als Lösung für alle unsere Energieprobleme –, um das es dann aber meistens wieder still wird ...“ (SCHMIDT, 1979, S. 1075).

Der Umschwung kam nicht aufgrund gezielter wissenschaftlicher Forschung, sondern durch Zufall, der trotz aller Bemühungen nach wie vor die Prospektion als massgeblicher Faktor beherrscht. Noch im Dezember 1979 wurde eine Oststeirische Thermalverwertungs-Gesellschaft gegründet, die heißes Wasser aus einem dolomitischen Aquifer nutzen sollte, der zufällig 1975 bei einer erfolglosen Kohlenwasserstoffbohrung gefunden wurde (ZÖTL, 1981, S. 4). Die 1981 fertiggestellte Versorgungsanlage zur Beheizung von Volks- und Hauptschule, Kindergarten, Freibad und eines Privathauses erfüllte im ersten Winter die in sie gesetzten Erwartungen (SONNEK, 1982, S. 2). Dennoch mißlang die erste geplante geothermische Aufschlußbohrung, Fürstenfeld Thermal 1, gründlich. Auch wenn sie sich später doch noch als wirtschaftlicher Erfolg verbuchen ließ (GOLDBRUNNER & ZÖTL, 1987, S. 8), war sie wissenschaftlich aufgrund mangelnden methodischen Vorgehens ein Fehlschlag, denn die

„... überdurchschnittlich gute Wasserwegigkeit in Sanden der Badener Serie ...“

wurde rein zufällig angetroffen. Ursprünglich war die Bohrung auf eine Erschließung karbonatischer Schichten des Paläozoikums im Beckenuntergrund ausgerichtet (GOLDBRUNNER & ZÖTL, 1985, S. 2f). Erfolgreicher war die Bohrung Altheim Thermal 1 in der Molassezone des oberösterreichischen Alpenvorlandes, mit der sich eine Erdwärmeversorgung größeren Stils auch in Österreich etablieren soll (GOLDBRUNNER, 1990, S. 5f).

Es wurden aber auch weniger erfolgreiche Wege bei der Problemlösung beschritten. Deutlicher als in der Frage des Atomstroms läßt sich das Wechselspiel zwischen theoretischer Wissenschaft und angewandter Forschung und die Notwendigkeit einer methodischen Vorgangsweise auch bei letzterer wohl kaum darstellen. TOLLMANN (1983, S. 12 u. 17) hat die Ähnlichkeiten und Unterschiede zwischen rein wissenschaftlicher Erkenntnisgewinnung und solcher unter praktischen Auspizien anschaulich hervorgehoben. Schon im Jahr der Gründung der Österreichischen Studiengesellschaft für Atomenergie machte man sich an der Geologischen Bundesanstalt Gedanken über eine systematische, größere Räume erfassende Prospektion nach Uranrohstoffen (KÜPPER & LECHNER, 1956, S. 125). Gleichzeitig sollten wissenschaftliche Studien (z.B. Österr. Studienges. f. Atomenergie, 1959, S. 117f) das Verhältnis der Bevölkerung zur Kernenergie ausloten. In ihnen spiegelt sich das Umfeld wieder, in dem sich die neuen Aufgabengebiete der modernen, angewandten Geowissenschaften herausbildeten. Der methodische Fehler zahlreicher Gutachten, auch von geologischen, war offensichtlich.

Die Auswertung der Satellitenbilder, einer Vervollkommenung der Fotogeologie, auf die bereits AMPFERER hingewiesen hat, ermöglichte schlagartig völlig neue Einsichten in die bruchtektonischen Verhältnisse. Aus der Kombination klassischer feldgeologischer Beobachtungen mit den neuen Luftbild- und Satellitenbilddauswertungen ergab sich für das Waldviertel ein komplexes, ausgreifendes Störungssystem, ein bruchtektonisch intensiv zerlegtes Krustenstück, das von tiefgreifenden Gesteinszerrei-

bungszonen durchzogen war (TOLLMANN, 1983, S. 19f). Die Auswertung von Landsat-Bildern aus etwa 915 km Höhe, wie sie in den späten siebziger Jahren erstmals in systematischer Weise in Österreich durchgeführt wurde, eröffnete neue Zusammenhänge, wie sie sonst nur mit größter Mühe hergestellt werden konnten. So treten Bruchstörungen auch bei geschlossener Vegetationsdecke deutlich hervor. Mit seinem breiten Spektrum an Anwendungen, gerade auch bei aktuellen umweltgeologischen Fragestellungen, ist die Geofernerkundung zu einem festen Bestandteil der geologischen Methodik geworden (vgl. KÜHN & HÖRIG, 1995). Die Studien des Waldviertels zeigen aber noch weitere geowissenschaftliche Probleme auf, etwa die Notwendigkeit einer einheitlichen, definierten Fachsprache. Denn,

„... die für den Geologen tiefen Brüche von 5 km und mehr, werden vom Geophysiker, der größere Tiefen der Erdrinde ins Auge faßt, als seicht bezeichnet, sodaß im gekürzten Ausdruck in der Sprache die Unterschiede aufschienen, wo im Sachlichen keine vorhanden sind ...“ (TOLLMANN, 1983, S. 28).

Zum anderen offenbart sich die Schwierigkeit der Anwendung von Abstraktion und Computersimulation in einer auf ein konkretes Untersuchungsobjekt, die Erde, bezogenen Forschung. So wurde der exakten Berechnung der künftigen Erdbebenintensität eine einheitliche aktive tektonische Fläche zwischen Neulengbach und Molln zugrundegelegt. Eine solche

„... fiktive, aus geologisch-tektonischer Sicht völlig irreal- le Fläche als Ausgangsgröße ...“

ist zwar auch für TOLLMANN (1983, S. 91f) als Gedanken- spiel zulässig, stellt jedoch etwas Abstraktes dar, das im Konkreten keine Entsprechung findet. Damit wird die Kritik, wonach in der Geologie noch immer

„... das Konkrete stets die konkrete Erscheinung ...“

sei und deshalb das

„... richtige Denken, das vom Konkreten zum Abstrakten aufsteigt ...“ (PESCHEL, 1991, S. 1)

nicht ausreichend verwirklicht ist, in Wahrheit zu einer negativen Charakterisierung geowissenschaftlicher Methodik.

Aus dem bisher Gesagten wird deutlich, daß erst neue Technologien zur Bewußtseinsbildung bei Erdwissenschaftlern führte, die Erde als Gesamtsystem zu betrachten. Zusammen mit einer, gerade auch durch die Atomdiskussion wesentlich mitgeprägten, Änderung jenes Konsumverhaltens, das Anerkennung gleichsetzte mit Besitz materieller Güter, begann ein wesentlicher, bis heute noch nicht gänzlich vollzogener Bewußtseinswandel.

„Was ist aber ...“,

fragt die Volkswirtin SCHEIBLING-MATYSIK (1995, S. 2),

„... wenn die Voraussagen einer Homo-oeconomicus-Umweltökonomie in manchen Bereichen an ihre Grenzen stoßen? Zum Beispiel: Etliche Leute verhalten sich freiwillig umweltbewußt (Verzicht auf Pkw), obwohl sie doch anscheinend nur Kosten davontragen, da das unverantwortliche Verhalten ihrer Mitmenschen sie um den Nutzen betrügt ...“.

Die Antwort im erdwissenschaftlichen Bereich war die Herausbildung einer neuen interdisziplinären Teilwissenschaft, der Umweltgeologie. Den Begriff gab es schon lange, ohne dass er mit Inhalten erfüllt gewesen wäre. Ihre Aufgabenstellung formuliert einer der anerkanntesten Geologen unserer Zeit, Eugen SEIBOLD (1988, S. 7), folgendermaßen:

„Der Geologe hat dazu vor allem seine Kenntnisse vom obersten Teil, von der Haut der Erdrinde beizutragen, vom Boden und dessen Untergrund. Er muß im Auge haben, dass diese Haut unseren Pflanzen Substrat bietet, unserer Wasserversorgung Reservoirs und Filter, unseren Siedlungen und der Industrie oder unseren Verkehrswegen Baugrund, oder uns allen Möglichkeiten, unsere Abfälle sicher unterzubringen. Und schließlich muß sich gerade er mit seiner Ausbildung und seinem Beruf im Gelände stets ins Bewußtsein rufen, dass diese Haut die Landschaft trägt, die zur Heimat für Menschen wie für Tiere und Pflanzen wurde ...“

Die Geowissenschaften können sich nicht mehr darauf beschränken, durch Auffindung und Ausbeutung immer neuer Rohstoffvorkommen und Energiequellen zu einem ungebremsten technologisch-wirtschaftlichen Wachstum beizutragen, sondern ihre

„... Ausweitung einer Fachorientierung auf eine Welto- rientierung ...“ (KÜPPER, 1970, S. 9)

ist unumgänglich geworden. Der Wissenschaftler trägt in dem Moment, wo ihm ein Umstand bekannt wird, auch die Verantwortung dafür mit –

„... ob er nun will oder nicht ...“ (zit. n. TOLLMANN, 1983, S. 16).

Eine Grenze zwischen wertneutraler Wissenschaft und ethischen Normen läßt sich nicht mehr ziehen, denn auch nichts zu tun bedeutet eine Entscheidung, der man sich somit nicht entziehen kann.

Die Bedeutung der (Umwelt)Geowissenschaften ergibt sich aus der besonderen Erkenntnis, die sie und keine andere Wissenschaft über den Naturzusammenhang vermittelt.

„... Die Natur im Aspekt von Physik und Chemie bleibt immer, was sie von jeher war; denn die Naturgesetze, welche durch diese Wissenschaften aufgedeckt werden, sind universell: sie galten immer und werden immer gültig sein. Im Gegensatz dazu erhellt die Geowissenschaft den Naturzusammenhang als einen zeitlichen Prozeß, in den das Schicksal der Menschheit eingebettet ist... In der geologischen Vergangenheit hat jede Art von Organismen nur eine begrenzte Zeitspanne auf der Erde existiert; das Aussterben war das endgültige Schicksal jeder Art. Dass der Mensch mit dem Vermögen ausgestattet ist, vorausszusehen, dass auch seiner Art dieses biologische Schicksal droht, dass er versuchen kann, die möglichen Ursachen zu erkennen, und dass er die Hoffnung haben kann, vorsorgend seine Situation im Naturzusammenhang, auf den er angewiesen bleibt, zu verbessern, bedeutet die Chance der Vernunft oder die Chance der Wissenschaft, durch die er vor allen Arten ausgestorbener und aussterbender Tiere ausgezeichnet ist ...“ (ENGELHARDT, 1974, S. 809).

Die Geowissenschaftler haben erst sehr spät erkannt, dass sie in diesem von TOLLMANN (1986b, S. 6 u. 13) als „Hominiden-Impakt“ bezeichneten Prozeß Verantwortung tragen. Umso deutlicher nehmen sie dafür jetzt Stellung.

„... Umwelt im Wandel! Nach uns die Sintflut? Wir selbst haben uns zu wandeln und dürfen uns nicht darauf zurückziehen, dass manche Zusammenhänge noch umstritten sind. Weil sie aber möglich sind, muß alles vermieden werden, was in natürliche globale Vorgänge eingreifen und sie potenzieren könnte ...“ (SEIBOLD, 1993, S. 154).

Erweisen sich die neuen technischen Möglichkeiten als wichtig für den wissenschaftlichen Fortschritt, so tragen

die neu gewonnenen Erkenntnisse umgekehrt auch zur Verbesserung der Methoden bei. So erfordert eine zeitgemäße Umweltplanung die räumliche Zusammenschau einzelner Faktoren, die zu einer besonderen Weiterentwicklung der geologischen Karte führte, der Naturraumpotentialkarte. Nachdem der Begriff definiert war (GATTINGER, 1983, S. 230), erarbeitete man ein „Philosophie“ der Erfassung des geogenen Ressourcenpotentials.

„Ausgehend von der Prämisse, dass die notwendige Versorgung der Wirtschaft mit kostengünstigen Rohstoffen mit den Erfordernissen des Siedlungs- und Verkehrswegebau, der Wasserversorgung, der Land- und Forstwirtschaft, des Natur- und Umweltschutzes sowie der Erholung abgestimmt werden muß, werden durch Darstellung und Überlagerung von Nutzungsansprüchen einzelner Sachbereiche Nutzungskonflikte aufgezeigt und über Planungsgrundsätze einer Lösung zugeführt ...“ (GRÄF, 1990, S. 128).

Es ist ohne weiteres einsehbar, dass für diese komplexe Aufgabenstellung ein besonders leistungsfähiges Datenaufnahme-, Verarbeitungs- und Wiedergabesystem eine grundlegende Voraussetzung darstellt.

Die Erfassung raumbezogener Daten durchdringt nahezu alle Bereiche der Geo-Disziplinen, und auf diese Weise

„... können so wichtige Fragestellungen wie die eines ganzheitlichen Umweltschutzes, der Transportlogistik, der Versorgung mit lebensnotwendigen Ressourcen und nicht zuletzt die Sicherung von Grund und Boden gelöst und ständig bereitgestellt werden ...“ (FRITSCH, 1995, S. 181).

Dabei zeigt sich als Spezifikum des Entstehens neuer Disziplinen,

„... daß die jeweiligen Mutterdisziplinen geltend machen, das Neue daran würde sich lediglich in der dem Stand der Technik angepassten Methodologie erschöpfen, während die Verfechter der anderen Extremposition die althergebrachten Wissenschaftszweige lediglich als Handlanger der neuen Super-Disziplin ansehen. Die Geoinformatik als eigenständiger Wissenschaftszweig tritt als Bindeglied zwischen herkömmlichen Fachbereichen auf und erschließt somit neue Wege; sie wird aber auch nur dann gedeihen, wenn sie auf deren Erfahrungsschatz aufbauen kann ...“ (BARTELME, 1995, S. 28).

Aufbau und Aufgabenbewältigung werden durch ein Modell gekennzeichnet, in dem der Raumbezug als verbindendes Element auftritt (vgl. BILL & FRITSCH, 1994, S. 5f). Die Zeit des offenen Marktes der Geoinformation, an deren Schwelle wir uns nach BARTELME (1995, S. 7) befinden, setzt einerseits die Einbindung von Daten und vorhandenen Systemen in ein Netzwerk voraus und fördert zugleich dessen weiteren Ausbau.

Die Kritik, es werde eine ungenutzte Datenflut erzeugt, zunehmend noch durch neue geplante Beobachtungssysteme, etwa die internationale Kooperation EOS (Earth Observation System), die bereits um die Jahrtausendwende pro Woche über 2 Terabyte an Daten produzieren soll, wird mit den Argumenten zurückgewiesen,

„... niemand würde die Bibliothek des amerikanischen Kongresses mit einigen Millionen Büchern als Papierlager bezeichnen, sondern sie versteht sich als Wissensarchiv, auf das bei Bedarf zurückgegriffen wird ...“,

und es sei nicht voraussehbar,

„... welches natürliche oder anthropogene geophysikalische Phänomen einmal wichtig wird ...“ (STEINBORN & SCHMIDT, 1995, S. 185f).

Die Voraussetzung, in einer Welt, in der die Probleme des einen immer auch die Probleme des anderen sind, sind entsprechend vernetzte Auswertezentren.

Ein weltumspannendes Netzwerk führt, wie der Information-Highway des Internet zeigt, zu einem fälschlicherweise als Informationsexplosion bezeichneten Problem der

„... geistigen Umweltverschmutzung ...“ im Sinne einer Anhäufung von nutzloser, ungewollter, redundanter Information. Das Problem ist aber, so OESER (1994, S. 5), niemals das Zuviel an Information, sondern das Zuwenig an Ordnung des Informationsflusses, das in Orientierungslosigkeit und Desinformation umschlagen kann. Zur Bewältigung dieser Probleme ergibt sich die Notwendigkeit einer Grundlagentheorie der Information. Wichtiger als über die Informationsflut zu klagen, erschien schon KÜPPER (1970, S. 14) in einer Zeit, in der er ihr zukünftiges Ausmaß wohl höchstens zu erraten vermochte, zu verhindern,

„... daß diejenigen, die sich heute schon voll am Wege der Nutzung der Datenverarbeitung befinden, eines Tages keine Verbindung mehr mit denen unterhalten können, die technisch diesen entscheidenden Fortschritt nicht mitmachen konnten ...“.

Eine Aufgabe, die heute aktueller denn je ist.

„... Some of us will cross into the new world; others will remain behind. New worlders will pull even further ahead as technologies evolve, possibly even computers that mimic human reasoning and sensory perception. No one knows what kind of network will succeed the Internet, or what increasing Computer Power will make possible ...“ (SWERDLOW, 1995, S. 15).

Allein die Suche im Lycos Catalog lieferte mit Stichtag 01/01/97 zu „mineralogy“ 2.834, „paleontology“ 5.838 und „geology“ 6.132 Dokumente. Aus diesen Zahlen wird ersichtlich, dass es im Cyberspace auch in einem einzelnen Fachgebiet zunehmend schwieriger wird, zur gewünschten Online-Information zu gelangen.

„The rapid growth and expansion of the on-line web of information ...“,

schreibt Thoen in einer eigens für Erdwissenschaftler erstellten Ressourcen-Liste,

„... is really challenging our best efforts to manage it ...“ (THOEN, 1994).

„... So if there are all these opportunities for teaching, research and administration then why are many organizations being so slow to exploit the potential of the WWW? Part of the problem is the generation gap that exists between IT-illiterate managers and younger staff. The Men In Suits, who hold the purse strings, don't really see the need to invest in information technology as they don't use it themselves (other than by the proxy of a secretary) ...“ (BROWNING, 1995, S. 386).

Ein Grund dafür ist zweifellos die bereits erwähnte scheinbare Unordnung, die aber nicht zuletzt durch die leichter verwirklichte Verknüpfung unterschiedlichster Fachgebiete entsteht. Das bringt etwa die Home Page „Paleontology Without Walls“ (<http://ucmpl.berkeley.edu/exhibits.html>) der University of California in Berkeley deutlich zum Ausdruck, wenn es heißt

„Many people think paleontology is the study of fossils. In fact, paleontology is much more. Paleontology incorporates many different kinds of data from different fields ...“.

Noch deutlicher wird es im „Paleobiology Laboratory“ (<http://134.68.76.39/paleo/paleo.htm>) der Purdue University von Indianapolis, wo neben Berichten über laufende Forschungsarbeiten nicht nur über die „PaleoNet Pages“ (<http://www.nhm.ac.uk/paleonet/index.html>) Verbindungen zu Listservern und Elektronischen Journals hergestellt, oder bspw. mittels der „Bryozoa Home Page“ (<http://www.civgeo.rmit.edu.au/bryozoa/bryozoa.html>) Definitionen, systematische und alphabetische Auflistungen und Fotografien einzelner spezieller Forschungsgebiete angeboten werden, sondern mit Links zum „Tree of Life“ (<http://phylogeny.arizona.edu/tree/phylogeny.html>) und zu einer „Virtual Library of Evolution“ (<http://golgi.harvard.edu/biopages/evolution.html>) eine technologisch geförderte Interdisziplinarität unterstrichen wird, die mit dieser gänzlich geänderten Informationsgrundlage die Erdwissenschaften, ebenso wie alle anderen Forschungsrichtungen, vor die Herausforderung der Notwendigkeit einer völlig neuen Zusammenarbeit stellt.

Allein schon die Tatsache, dass vom Menschen beeinflusste Geschehnisse mit einem aktualistischen Konzept alleine nicht ausreichend erklärt werden können, legt ein weniger strikt uniformitarianistisches Konzept nahe. Mit einem berühmten Artikel,

„... as explosive for science as an impact would have been for Earth ...“ (GLEN, 1944, S. 2),

der in der Zeitschrift „Science“ (ALVAREZ et al., 1980, S. 1095f) veröffentlicht wurde, verhalf ein Forscherteam rund um den Physiker und Nobelpreisträger Luis ALVAREZ und seinen Sohn, den Geologen Walter ALVAREZ, einer neuen erdgeschichtlichen Denkweise endgültig zum Durchbruch, die allerdings schon vorher immer wieder vertreten worden war. Der Terminus „Neokatastrophismus“ fand seit einem nicht minder berühmten Vortrag des Tübinger Paläontologen Otto H. SCHINDEWOLF (1963, S. 430f) auf der 113. Hauptversammlung der Deutschen Geologischen Gesellschaft weitere Verbreitung, in welchem er zu dem Vorwurf eines sowjetischen Forschers, er sei ein Wortführer dieser Idee, Stellung nahm. Die Bezeichnung, sagt er, sei annehmbar, die Vorstellung natürlich nicht neu.

„Sie liegt letzten Endes, wenn auch vielleicht nicht klar ausgesprochen, unserer altbewährten Gliederung der Erdgeschichte in Proterozoikum, Paläozoikum, Mesozoikum und Känozoikum zugrunde. Die Schöpfer dieser Einteilung hatten offenbar das deutliche Gefühl, dass an den Grenzen jener zösisch begründeten Ären ausgeprägte Wandlungen der tierischen Lebewelt vorliegen, die jeweils eine Summe von Formationen bzw. Systemen zu Kategorien höherer Ordnung zusammenschließen lassen ...“.

Einer der markanten Faunenschnitte war schon damals das auffällige Aussterben der Dinosaurier an der Kreide/Tertiär-Grenze und eine Reihe von möglichen Erklärungen wurden kritisch beleuchtet. Die Vorstellung, die aufkommenden Säugetiere hätten alle Dinosaurier-Eier gefressen, erweist sich dabei ebenso als unzureichend, wie epidemische Krankheiten, ein Florenwechsel, die Auffaltung der Rocky Mountains und nicht zuletzt auch mögliche Klimänderungen.

Eine auffällige Konzentration von Iridium an der Kreide-Tertiär-Grenze nahe der italienischen Stadt Gubbio wurde von der Gruppe um ALVAREZ zunächst mittels einer Supernova zu erklären versucht, schließlich aber auf ein einzelnes Impact-Ereignis zurückgeführt, das dann in wei-

terer Folge zu einer Multi-Impakt-Hypothese ausgebaut wurde. Ein periodisches Massenaussterben war schon Jahre zuvor durch einen Studenten der Princeton University, Michael A. ARTHUR, postuliert worden, blieb wegen der unzureichenden Begründung aber völlig unbeachtet (vgl. GLEN, 1994, S. 26). Dass die scientific community die Beweisführung nicht gerade immer fördert, zeigt das Beispiel BOHORS. Sein Projekt, Schockquarze an der K/T-Grenze nachzuweisen

„... was rejected by a diversely constituted committee of referees within the Survey – among them was even an expert in shocked quartz. BOHOR was turned down a second time on resubmittal the following year. At that time, almost any geologist regarded a needle-in-the-haystack search as more promising than the totally unprecedented and largely exotic enterprise that Bohor proposed ...“ (GLEN, 1994, S. 46).

ALVAREZ selbst führt dieses Verhalten darauf zurück, dass der Aktualismus

„... so thoroughly won this battle that generations of geology students have been taught that any sort of catastrophism is nonscientific, and that the only true geology is strictly uniformitarian and gradualistic ...“ (ALVAREZ & ASARO, 1992, S. 52),

um dann explizit darauf zu verweisen, dass gerade die Menschheitsgeschichte selbst uns einen gewalttätigen Umbruch nach dem anderen zeigt. GLEN (1994, S. 48) verweist in diesem Zusammenhang auf seine Studien über die Plattentektonik, die zeigten, dass Wissenschaftler später oft vorgeben, über Ideen die sich allgemein durchzusetzen vermochten, besser informiert gewesen zu sein, als dies tatsächlich der Fall war.

ALVAREZ (1990, S. 93) selbst zählt die vielfältigen positiven Auswirkungen auf, die dieses neue Denken für die Naturwissenschaften mit sich brachte.

„In biology, it required thinking about non-Darwinian mechanisms of evolution. In geology, it forced a reevaluation of the central geological doctrine of uniformitarianism or gradualism, which for 150 years had discouraged any thinking about catastrophic events. In chemistry, it focused on iridium, an almost comically obscure element, and created a demand for very fast analytical capabilities at the parts-per-trillion level. And new problems have been opened up in ecology, geophysics, astrophysics, and atmospheric science, as well ...“.

Der Neokatastrophismus steht jedoch keineswegs im Gegensatz zu Aktualismus und Deszendenztheorie, sondern stellt vielmehr deren konsequente Vereinigung mit den wahren Elementen der historischen Kataklysmentheorie dar. Schon SCHINDEWOLF (1963, S. 430f) weist darauf hin, dass, wollte man einen

„... Widerspruch zu Darwins Lehre von allmählicher Evolution, natürlicher Auslese und vom Aussterben als einem normalen Vorgang ...“

sehen, man die überzeugten Neodarwinisten NEWELL und SIMPSON als Renegaten betrachten müsste. Und ALVAREZ formuliert mit aller Klarheit,

„... Wallace and Darwin realised that evolution proceeds by the survival of the fittest, and there is no reason to think that they were wrong in this regard ...“ (ALVAREZ & ASARO, 1992, S. 54).

In diesem Sinne scheint der Ausdruck des „Aktualistischen Katastrophismus“ (HsÜ, 1990, S. 309f) nur scheinbar widersprüchlich.

Von den zahlreichen konkurrierenden Auffassungen, die letztlich nur die Fähigkeit der Hypothese als der Entwicklungsform der Wissenschaft schlechthin aufzeigt, die Richtung weiterer Hypothesenbildungen festzulegen, seien hier zwei Beispiele neuerer Zeit erwähnt. Michael E. WILLIAMS (1994, S. 189) hält eine Katastrophe zur Erklärung des Massenaussterbens nicht für erforderlich, obwohl es nicht möglich sei, die Argumente von ALVAREZ zu falsifizieren, weil man diese mittels Einführung von Zusatzhypothesen davor bewahren könne, etwa indem man fehlende Knochen durch eine Dinosaurierrückwanderung oder durch einen taphonomischen Filter erklärt, den er anhand eines rezenten Beispiels von Richard Leakey erläutert. Dieser berichtete von einem Massensterben von einigen Zehn Millionen Tieren in Afrika während einer vier Jahre dauernden Dürrezeit. Wieviele dieser Tiere, fragt WILLIAMS, werden als Fossilien erhalten bleiben?

„The simple question is, when prospecting in the badlands in Kenya 65 million years hence, upon what basis would anyone postulate a catastrophic extinction of the wild-beasts? If we ever had a catastrophic mass extinction with no preserved evidence, we would have, by definition, no evidence of a catastrophe ...“

Auch ERBEN (1995, S. 81 u. 87f) setzt mit seiner Kritik bei der Lehrmeinung ein, das Aussterben der Dinosaurier falle mit der Kreide-Tertiär-Grenze zusammen. Diese hätten vielmehr, wenn auch nur für eine begrenzte Zeit, jenseits dieser Grenze weiter existiert. Die Meinung, wonach Schichten, die Dinosaurier-Reste enthalten, automatisch der Kreide zuzurechnen seien, habe analog der dogmatischen Unterstellung, die Graptoloidea seien mit Ende des Silur ausgestorben, während sie doch in Wirklichkeit

bis ins Unterdevon vorkommen, zu einem Zirkelschluß geführt. Über diese Argumentation hinausgehend habe aber eine Untersuchung der K-T-Grenze im chinesischen Nanxiong-Becken keinerlei Mikrotektite, geschockte Quarze oder Anhäufungen von Rußpartikeln ergeben, die für einen Astro-Impakt sprechen würden.

TOLLMANN & TOLLMANN (1993) haben ihre Darstellung, in der anhand der Kombination von Sagengut mit geologischen Untersuchungen, Kometeneinschläge postuliert werden, deren Post-Impakt-Szenarium sich im Schöpfungsbericht des ersten Buch Moses dargestellt findet, in konsequenter Weise mit einer Analyse des Impaktes der Endkreidezeit eingeleitet.

In dem darin sich widerspiegelnden Ausmaß der Impaktbedrohung des heutigen Menschen erweist sich einerseits die unauflösbare Verknüpfung allgemeiner und angewandter Forschung und andererseits einmal mehr die dringende Notwendigkeit der Interdisziplinarität in der modernen Wissenschaft.

Die Negierung eines katastrophalen Ereignisses am Ende der Kreide durch ERBEN steht zu einem möglichen „Sintflut-Impakt“ am Beginn des Holozäns nur in scheinbarem Widerspruch. Vielmehr erweist sich gerade darin die wissenschaftstheoretische Fortsetzbarkeit dieses „Aktualistischen Katastrophismus“, die von ALVAREZ mit den Worten charakterisiert wird:

„Future geologists, with the intellectual freedom to think in both uniformitarian and catastrophic terms, have a better chance of really understanding the processes and history of our planet than did an earlier generation, shackled by an outdated uniformitarian viewpoint ...“ (ALVAREZ & ASARO, 1992, S. 54).

Literatur

- ALVAREZ, L. et al.: Extraterrestrial cause for the Cretaceous Tertiary extinction. – *Science*, **208**, 1095–1108, Washington 1980.
- ALVAREZ, W.: Interdisciplinary aspects of research on impacts and mass extinctions, a personal view. – *Geol. Soc. Am. Spec. Pap.*, **247**, 93–97, Boulder 1990.
- ALVAREZ, W. & ASARO, F.: The extinction of the dinosaurs. – In: BOURRIAU, J.: *Understanding Catastrophe (The Darwin College Lectures)*, 28–56, Cambridge (University Press) 1992.
- AMPFERER, O.: Aus Innsbrucks Bergwelt, Wanderbilder aus Innsbrucks Bergen (nach Originalaufnahmen von Otto MELZER). – 229 S., Innsbruck (Schwick) 1902.
- AMPFERER, O.: Die neuesten Fortschritte der geologischen Erforschung der Ostalpen. – *Mitt. dt. österr. Alpenver.*, 1904, H. 7, 87–89, H. 8, 97–98, München 1904.
- AMPFERER, O.: Über das Bewegungsbild von Faltengebirgen. – *Jb. Geol. R.-A.*, **56**, H. 3–4, 539–622, Wien 1906.
- AMPFERER, O. & HAMMER, W.: Geologischer Querschnitt durch die Ostalpen vom Allgäu zum Gardasee. – *Jb. Geol. R.-A.*, **61**, H. 3–4, 531–710, Wien 1911.
- AMPFERER, O.: Über neue Methoden zur Verfeinerung des geologischen Kartenbildes. – *Verh. Geol. R.-A.*, 1911, H. 5, 119–121, Wien 1911b.
- AMPFERER, O.: Über neue Methoden zur Verfeinerung des geologischen Kartenbildes. – *Jb. Geol. R.-A.*, **62**, H. 1, 183–194, Wien 1912.
- AMPFERER, O.: Über den Wechsel von Fall- und Schubrichtungen beim Bau der Faltengebirge. – *Verh. Geol. R.-A.*, 1915, H. 8, 163–167, Wien 1915.
- AMPFERER, O.: Ueber die geologische Deutung von Schwereabweichungen. – *Verh. Geol. R.-A.*, 1918, H. 2, 38–50, Wien 1918.
- AMPFERER, O.: Ueber die tektonische Heimatsberichtigung der Nordalpen. – *Verh. Geol. R.-A.*, 1918, H. 3, 63–76, Wien 1918b.
- AMPFERER, O.: Geometrische Erwägungen über den Bau der Alpen. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **12**, 135–150, Wien 1920.
- AMPFERER, O. & SANDER, B.: Ueber die tektonische Verknüpfung von Kalk- und Zentralalpen. – *Verh. Geol. St.-A.*, 1920, H. 7, 121–131, Wien 1920.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **73**, 99–119, Wien 1923.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **74**, 35–73, Wien 1924.
- AMPFERER, O.: Über die Tektonik der Alpen. – *Naturwiss.*, **12**, H. 47, 1007–1014, Berlin 1924b.
- AMPFERER, O.: Ueber Methoden der Feldgeologie. – *Mitt. Geol. Ges. Wien*, **18**, 1–15, Wien 1925.
- AMPFERER, O.: Über weitere Ziele der geologischen Landesforschung. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1925, H. 6–7, 131–138, Wien 1925b.
- AMPFERER, O.: Über einige Beziehungen zwischen Tektonik und Morphologie. – *Z. Geomorphol.*, **1**, 83–104, Berlin 1925c.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **76**, 125–151, Wien 1926.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **78**, 327–355, Wien 1928.
- AMPFERER, O.: Über die Einfügung der Salzstöcke in den Bau der Nordalpen. – *Kali und verwandte Salze*, **22**, H. 5, 58–62, Halle an der Saale, 1928b.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **80**, 309–338, Wien 1930.
- AMPFERER, O.: Bergtage, Gewalt und Glück der Höhen. – *Österr. Alpenztg.*, **53**, 278–286, Wien 1931.
- AMPFERER, O.: Beiträge zur Auflösung der Mechanik der Alpen. – *Jb. Geol. B.-A.*, **81**, 637–659, Wien 1931b.
- AMPFERER, O.: Einige Bemerkungen zu der Oszillationstheorie von E. Haarmann. – *Verh. Geol. B.-A.*, 1931, H. 3–4, 99–102, Wien 1931c.

- AMPFERER, O.: Aus den Erinnerungen an die erste Besteigung der Guglia di Brenta. – Bergsteiger, N.S., **6**, 177–184, München 1936.
- AMPFERER, O.: Wert der Geologie fürs Leben. – Verh. Geol. B.-A., 1937, H. **1-2**, 89–98, Wien 1937.
- AMPFERER, O.: Über einige Grundfragen der Gebirgsbildung. – Jb. Geol. B.-A., 87, H. **3-4**, 375–384, Wien 1937b.
- AMPFERER, O.: Die neuen Wege in dem Werke von E. Kraus, "Der Abbau der Gebirge, Bd. I: Der alpine Bauplan". – Verh. Geol. B.-A., 1937, H. **5-6**, 132–139, Wien 1937c.
- AMPFERER, O.: Über die tektonischen Begriffe von Totfaltung, Ausschaltung und Verschleppung toter Falten, Herstellung von Falten aus frischem Schichtmaterial. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **147**, H. 1–2, 35–42, Wien 1938.
- AMPFERER, O.: Über den Begriff der tektonischen Leitlinien. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **147**, H. 1–2, 57–69, Wien 1938b.
- AMPFERER, O.: Grundlagen und Aussagen der geologischen Unterströmungslehre. – Nat. Volk, **69**, H. 7, 337–349, Frankfurt am Main 1939.
- AMPFERER, O.: Neue Fragen, die sich aus der geologischen Erforschung der Lechtaler Alpen ergeben. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **30/31**, 186–194, Wien 1939b.
- AMPFERER, O.: Im Kampfe für Reliëfüberschiebung und O-W-Bewegung. – Verh. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenforsch., 1939, H. **9-10**, 196–205, Wien 1939c.
- AMPFERER, O.: Gegen den Nappismus und für die Deckenlehre. – Z. dt. geol. Ges., **92**, 313–327, Berlin 1940.
- AMPFERER, O.: Über die Rationalisierung geologischer Profile. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **149**, H. 7–10, 211–223, Wien 1940b.
- AMPFERER, O.: Über einige Bauverbände der Alpen. – Nat. Volk, **70**, H. **8**, 373–388, Frankfurt am Main 1940c.
- AMPFERER, O.: Wie können Schubmassen in der Erdtiefe verankert sein? – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **150**, H. 1–2, 1–18, Wien 1941.
- AMPFERER, O.: Gedanken über das Bewegungsbild des atlantischen Raumes. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **150**, H. 1–2, 19–35, Wien 1941b.
- AMPFERER, O.: Geologisches Schauen und Naturerklären im Innthal-Raume. – Nat. Volk, **72**, H. 11–12, 234–249, Frankfurt am Main 1942.
- AMPFERER, O.: Über die Bedeutung von Gleitvorgängen für den Bau der Alpen. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **151**, H. 1–6, 9–26, Wien 1942b.
- AMPFERER, O.: Bedeutung von Verkleinerungen und Vergrößerungen fürs geologische Arbeiten. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **152**, H. 1–5, 56–66, Wien 1943.
- AMPFERER, O.: Vergleich der tektonischen Wirksamkeit von Kontraktion und Unterströmung. – Mitt. Alpenländ. geol. Ver., **35**, 107–123, Wien 1944.
- AMPFERER, O.: Belastungswirkungen durch die Aufladung der Innthaldecke. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **153/154**, H. 1–10, 17–44, Wien 1944b.
- AMPFERER, O.: Über die Möglichkeit einer Gasdruck-Tektonik. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **153/154**, H. 1–10, 45–60, Wien 1944c.
- BÄRTLING, R.: Einführende Übersicht zu Erich Haarmanns Oszillationstheorie mit kritischen Bemerkungen. – Z. dt. geol. Ges., **83**, H. 5, 257–271, Berlin 1931.
- BARRANDE, J.: Sur le terrain silurien du centre de la Boheme. – Bull. Soc. Geol. France, 2. Ser., **8**, 150–156, Paris 1851.
- BARRANDE, J.: Über die Unterscheidung verschiedener Trilobiten-Schöpfungen. – N. Jb. Miner. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1852, 257–266, Stuttgart 1852.
- BARRANDE, J.: Anachronische Thier-Kolonie'n in Silur-Schichten. – N. Jb. Miner. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1852, 306–307, Stuttgart 1852b.
- BARRANDE, J.: Bemerkungen über die Abhandlung des Hrn. Ed. SUESS: „Ueber böhmische Graptolithen“. – Jb. Geol. R.-A., **3**, H. 2, 139–155, Wien 1852c.
- BARRANDE, J.: Schreiben an Herrn W. Haidinger, Director der k.k. geologischen Reichsanstalt u.s.w. – Jb. Geol. R.-A., **10**, H. 4, 479–480, Wien 1859.
- BARRANDE, J.: Die Lehre von den Kolonie'n. – N. Jb. Miner. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1860, 62–64, Stuttgart 1860.
- BARRANDE, J.: Defense des Colonies. I, Groupe probatoire u.s.w., Seite 17 bis Ende Seite 34. – Jb. Geol. R.-A., **12**, H. 2, 207–222, Wien 1862.
- BARRANDE, J.: Antwort auf Herrn Prof. J. Krejci (...) Erklärung. – Verh. Geol. R.-A., 1869, H. **16**, 363–364, Wien 1869.
- BARRANDE, J.: Antwort auf Herrn Lipolds (...) Erklärung über die Colonien. – Verh. Geol. R.-A., 1870, H. **1**, S. 2, Wien 1870.
- BARTELME, N.: Geoinformatik, Modelle, Strukturen, Funktionen. – 414 S., Berlin (Springer) 1995.
- BECHER, F.: Die Mineralogen, Georg Agricola zu Chemnitz, im sechszehnten, und A. G. Werner zu Freiberg, im neunzehnten Jahrhunderte. – 67 S., Freiberg (Gerlach) 1819.
- BECK, H.: Jahresbericht der Zweigstelle Wien der Reichsstelle für Bodenforschung über das Jahr 1938. – Verh. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenforsch., 1939, H. **1-3**, 2–31, Wien 1939.
- BELOUSSOV, V.: An open letter to J. Tuzo Wilson. – Geotimes, **13**, H. **10**, 17–19, Washington 1968.
- BENDER, F. et al.: Internationales Gutachten zur Reorganisation der Geologischen Bundesanstalt (GBA), 2: Ziele, Aufgaben und zukünftige Organisation der Geologischen Bundesanstalt. – Verh. Geol. B.-A., 1979, H. **1**, A6–A32, Wien 1981.
- BERINGER, C.: Geschichte der Geologie und des geologischen Weltbildes. – 158 S., Stuttgart (Enke), 1954.
- BEURLEN, K.: Einige Bemerkungen zur Geschichte der Geologie. Z. dt. geol. Ges., **91**, H. 3, 236–252, Berlin 1939.
- BILL, R. & FRITSCH, D.: Grundlagen der Geo-Informationssysteme, 1, Hardware, Software und Daten. – 2. Auflage, 415 S., Heidelberg (Wichmann) 1994.
- BISCHOF, G.: Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie, **2** (1). – 844 S., Bonn (Marcus) 1851.
- BISCHOFF, A.: Geognostisch-montanistischer Verein von Tirol und Vorarlberg. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **2**, H. 7, 25–29, Wien 1846.
- BLUM, R.: Die Pseudomorphosen des Mineralreichs. – 378 S., Stuttgart (Schweizerbart) 1843.
- BLUM, R.: Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreichs. – 213 S., Stuttgart (Schweizerbart) 1847.
- BLUM, R.: Grundzüge der Mineralogie und Geognosie. – 162 S., Stuttgart (Franckh) 1850.
- BLUM, R.: Zweiter Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreichs. – 140 S., Heidelberg (Groos) 1852.
- BLUM, R.: Dritter Nachtrag zu den Pseudomorphosen des Mineralreichs. – 294 S., Erlangen (Enke) 1863.
- BLUM, R.: Die Pseudomorphosen des Mineralreichs, vierter Nachtrag. – 212 S., Heidelberg (Winter) 1879.
- BÖHMERSHEIM, A.: Zur Erinnerung an Franz von Hauer. – Abh. geogr. Ges., **1**, 93–118, Wien 1899.
- BOUÉ, A.: Über das Zusammenvorkommen von Orthoceratiten mit Ammoniten und Belemniten. – N. Jb. Miner. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1844, 328–329, Stuttgart 1844.
- BOUÉ, A.: Bemerkungen zu Morlots Erläuterungen. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **2**, H. 14, 492–500, Wien 1847.
- BOUÉ, A.: Geologische Gesellschaft in Paris. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **4**, H. 1, 59–62, Wien 1848.
- BOUÉ, A.: Mineralogische Topographie, Lagerung und Zusammenvorkommen von Mineralien. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **3**, H. 5, 403–411, Wien 1848b.
- BOUÉ, A.: Geschichtliche Nachrichten über geologische Lehrsätze. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **7**, H. 2, 27–37, Wien 1851.
- BOUÉ, A.: Ueber die ewigen Gesetze der Natur, die Einfachheit, die Einheit und das allmähliche Uebergehen. – 46 S., Wien (k.k. Hof- und Staatsdruckerei) 1851b.
- BOUÉ, A.: Über den ehemaligen und jetzigen Stand der Geologie und Geogenie und die Untersuchungen und Methoden in diesen Richtungen. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **81**, H. 4, 148–153, Wien 1880.
- BRANDENBERGER, E.: Die Systematik der Mineralien auf kristallchemischer Grundlage. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **28**, H. 1, 246–262, Zürich 1948.
- BRINKMANN, R.: Leopold von Buch. – Z. dt. geol. Ges., **98**, 1–6, Berlin 1946.

- BROWNING, P.: GeoLogic – The World Wide Web. – Terra Nova, **7**, H. 3, 383–387, Oxford 1995.
- BUBNOFF, S.: Über Grundtheorien der Erdgestaltung. – Z. dt. geol. Ges., **83**, H. 5, 276–280, Berlin 1931.
- BUCKLAND, W.: Ueber die Structur der Alpen und des angränzenden Landes, und ihre Verwandtschaft mit den secundären und Uebergangs-Gebirgen Englands. – Teutschland geognost.-geol. dargestellt, **2**, H. 1, 82–117, Weimar 1822.
- BUCKLAND, W.: Geologie und Mineralogie in Beziehung zur natürlichen Theologie, 1. – 665 S., Neufchatel (Leibrock) 1839.
- BURMESTER, L.: Geschichtliche Entwicklung des kristallographischen Zeichnens und dessen Ausführung in schräger Projektion. – Z. Kristallogr., **57**, H. 1, 1–47, Leipzig 1922.
- CARPENTER, W. & JEFFREYS, J.: Report on Deep-sea Researches carried on during the Months of July, August, and September 1870, in H. M. Surveying-ship Porcupine. – Proc. Royal Soc. London, **19**, H. 125, 146–221, London 1871.
- CHAIN, W.: Vollzieht sich in der Geologie eine wissenschaftliche Revolution?. – Z. angew. Geol., **16**, H. 11-12, 437–449, Stuttgart 1970.
- CHAMBERLIN, T.: The Method of Multiple Working Hypotheses (Reprint, first published in 1897). – J. Geol., **103**, H. 3, 349–354, Chicago 1995.
- CHLUPAC, I.: Geology of the Barrandian (Senckenberg-Buch 69). – 163 S., Frankfurt am Main (Kramer) 1993.
- CLOOS, H.: Briefliche Mitteilung an Herrn R. Bärtling. – Z. dt. geol. Ges., **83**, H. 5, 280–283, Berlin 1931.
- COMFORT, R.: Eintheilung der Wissenschaften. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **1**, H. 1–6, 105–107, Wien 1847.
- CORNELIUS, H.: Otto Ampferer. – Mitt. Geol. Ges. Wien, 39–41, 197–213, Wien 1951.
- COTTA, B.: Geologische Briefe aus den Alpen. – 328 S., Leipzig (Weigel) 1850.
- COTTA, B.: Geologisches Repertorium (Beiträge zur Geschichte der Geologie 1). – 400 S., Leipzig (Weber) 1877.
- CZJZEK, J.: Ideal-Durchschnitt des Wiener Beckens. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **5**, H. 2, 127–128, Wien 1849.
- CZJZEK, J.: Erläuterungen zur Geognostischen Karte der Umgebungen Wiens. – 104 S., Wien (Braumüller) 1849b.
- CZJZEK, J.: Ausrüstung der Geologen für die Untersuchungen während des Sommers. – Jb. Geol. R.-A., **1**, H. 2, 371–372, Wien 1850.
- DABER, R. & MANUEL, I.: Was bringt ein Studium der Geschichte der geologischen Wissenschaften in einem afrikanischen Entwicklungsland wie Mocambique?. – Z. geol. Wiss., **14**, H. 3, 357–360, Berlin 1986.
- DARWIN, C.: Über die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl oder die Erhaltung der begünstigten Rassen im Kampfe um's Dasein (Ch. Darwin's gesammelte Werke 2). – 592 S., Stuttgart (Schweizerbart) 1876.
- DAVIDSON, T.: Classification der Brachiopoden. – 160 S., Wien (Gerold) 1856.
- DEUTSCHE FORSCHUNGSGEMEINSCHAFT: Anorganische nichtmetallische Minerale und keramische Werkstoffe (Mitteilungen der Senatskommission für Geowissenschaftliche Gemeinschaftsforschung 22). – 156 S., Weinheim (Verlag Chemie) 1995.
- DIENER, C.: Die Katastrophe von Sodom und Gomorrha im Lichte geologischer Forschung. – Mitt. Geogr. Ges. Wien, **40**, N. F. 30, H. 1–2, 1–166, Wien 1897.
- DIENER, C. et al.: Bau und Bild Österreichs. – 1110 S., Wien (Tempsky) 1903.
- DIETRICH, W.: Paläontologie und Abstammungslehre. – N. Jb. Miner. Geol. Paläont. Mh., B, Geol. Paläont., 1943, 73–79, Stuttgart 1943.
- DOELTER, C. & HOERNES, R.: Chemisch-genetische Betrachtungen über den Dolomit. – Jb. Geol. R.-A., **25**, H. 3, 293–332, Wien 1875.
- DORN, M.: Von Alfred Wegeners Verschiebungstheorie zur Theorie der Plattentektonik. Die Struktur einer wissenschaftlichen Revolution in den Geowissenschaften, I: Alfred Wegeners Verschiebungstheorie der Kontinente. – Geowissenschaften, **7**, H. 2, 44–49, Weinheim 1989.
- DORN, M.: Von Alfred Wegeners Verschiebungstheorie zur Theorie der Plattentektonik. Die Struktur einer wissenschaftlichen Revolution in den Geowissenschaften, II: Der Neuansatz durch die Theorie der Plattentektonik. – Geowissenschaften, **7**, H. 3, 61–70, Weinheim 1989b.
- EHRENBERG, K.: Ein Jahrhundert Paläontologie und Geologie. – Mitt. Alpenländ. geol. Ver., **35**, 295–296, Wien 1942.
- ELLENBERGER, F.: History of Geology, I, from ancient times to the first half of XVII century. – 299 S., Rotterdam (Balkema) 1996.
- EMMERLING, L.: Lehrbuch der Mineralogie, 1 (1). – 2. Auflage. – 499 S., Gießen (Heyer) 1799.
- ENGELHARDT, W.: Die Geowissenschaft und ihre Bedeutung für die Zukunft der Zivilisation. Geol. Rundsch., **63**, H. 3, 793–819, Stuttgart 1974.
- ENGELHARDT, W. & ZIMMERMANN, J.: Theorie der Geowissenschaft. – 382 S., Paderborn (Schöningh) 1982.
- ERBEN, H. et al.: Die Kreide/Tertiär-Grenze im Nanxiong-Becken, Kontinentalfazies, Südostchina (Erdwissenschaftliche Forschung 32). – 245 S., Stuttgart (Steiner) 1995.
- FAVRE, A.: Ueber den Ursprung des Dolomites in Südtirol. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **5**, H. 3, 191–195, Wien 1849.
- FISCHER, W.: Gesteins- und Lagerstättenbildung im Wandel der wissenschaftlichen Anschauung. – 592 S., Stuttgart (Schweizerbart) 1961.
- FLÜGEL, H.: Wegener – Ampferer – Schwiner, ein Beitrag zur Geschichte der Geologie in Österreich. – Mitt. Österr. Geol. Ges., **73**, 237–254, Wien 1980.
- FOURNET, J.: Die Metamorphose der Gesteine nachgewiesen in den westlichen Alpen. – 100 S., Freiberg (Engelhardt) 1847.
- FREIESLEBEN, J.: Abraham Gottlob Werners letztes Mineral-System. – 58 S., Freyberg (Gerold) 1817.
- FRIEDENSBURG, F.: Die Mineralischen Bodenschätze als weltpolitische und militärische Machtfaktoren. – 260 S., Stuttgart (Enke) 1936.
- FRITSCH, D.: Geo-Informationssysteme im Spannungsfeld von Theorie und Praxis. – Geowissenschaften, **13**, H. 5–6, 181–184, Weinheim 1995.
- FRODEMAN, R.: Geological reasoning, geology as an interpretive and historical science. – Geol. Soc. Am. Bull., **107**, H. 8, 960–968, Boulder 1995.
- FUCHS, W. et al.: Friedrich Mohs und sein Wirken in wissenschaftlicher Hinsicht. – 77 S., Wien (Kaulfuss) 1843.
- FUCHS, T.: Ueber eigenthümliche Störungen in den Tertiärbildungen des Wiener Beckens und über eine selbständige Bewegung loser Terrainmassen. – Jb. Geol. R.-A., **22**, H. 3, 309–329, Wien 1872.
- FUCHS, T.: Über die Natur des Flysches. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., I, **75**, H. 4, 340–362, Wien 1877.
- FUCHS, T.: Geologische Uebersicht der jüngeren Tertiärbildungen des Wiener Beckens und des Ungarisch-Steierischen Tieflandes. – Z. dt. geol. Ges., **29**, H. 4, 653–709, Berlin 1877b.
- FUCHS, T.: Zur Flyschfrage. – Verh. Geol. R.-A., 1878, H. **7**, 135–142, Wien 1878.
- FUCHS, T.: Zur Berichtigung. – Verh. Geol. R.-A., 1878, H. **11**, S. 229, Wien 1878b.
- FUCHS, T.: Über den Flysch und die Argille scagliose. – Sitzber. Akad. Wiss., math.-natwiss. Kl., I, **76**, H. 1–5, 462–466, Wien 1878c.
- FUCHS, T.: Beiträge zur Flyschfrage. – Verh. Geol. R.-A., 1879, H. **12**, 271–273, Wien 1879.
- FUCHS, T.: Welche Ablagerungen haben wir als Tiefseebildungen zu betrachten?. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. Beilagebd., **2**, 487–584, Stuttgart 1883.
- GATTINGER, T.: Geowissenschaftliche Naturraumpotentialkarten, ein Instrument der Raumordnung und Raumplanung. – Verh. Geol. B.-A., 1980, H. **3**, 229–240, Wien 1983.
- GEIKIE, A.: Was lehrt uns die Geschichte der Geologie?. – Geolog. Rundsch., **28**, H. 8, 626–629, Stuttgart 1937.

- GIRARDI, M.: Bericht über die Feier des 90jährigen Jubiläums der ehemaligen k.k. Geologischen Reichsanstalt, heute Zweigstelle Wien der Reichsstelle für Bodenforschung. – Verh. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenforsch., 1939, H. **11-12**, 243–254, Wien 1939.
- GLEN, W. et al.: The Mass-Extinction Debates, how science works in a crisis. – 370 S., Stanford (University Press) 1994.
- GOLDBRUNNER, J. & ZÖTL, J.: Geothermale Energie in Österreich (III), die Bohrung Fürstenfeld Thermal 1 – Niederlage oder Hoffnung? (Information Geothermie 5). – 8 S., Graz (Forschungsgesellschaft Joanneum) 1985.
- GOLDBRUNNER, J. & ZÖTL, J.: Geothermale Energie in Österreich (IV), Aufschließung der Bohrung Fürstenfeld Thermal I (Information Geothermie 7). – 8 S., Graz (Forschungsgesellschaft Joanneum) 1987.
- GOLDBRUNNER, J.: Altheim, eine Marktgemeinde – Menschen mit Pioniergeist. Nutzung der Geothermie, Teil 1: Die geologische Situation und Erschließung des Heißwassers (Information Geothermie 8). – 8 S., Graz (Forschungsgesellschaft Joanneum) 1990.
- GÖTZINGER, G.: Die NS-Zeit der Geologischen Bundesanstalt 1938–1945. – 10 S. (Unveröffentl. Bericht), Wien 1946.
- GÖTZINGER, G.: Vorgänge an der Anstalt, Antrittsrede des Direktors Prof. G. Götzinger, am 1. Juni 1945. – Verh. Geol. B.-A., 1945, H. **1-3**, 2–4, Wien 1947.
- GRÄF, W.: 10 Jahre Naturraumpotentialkartierung in der Steiermark. – Mitt. Naturwiss. Ver. Steiermark, **120**, 125–133, Graz 1990.
- GROTH, P.: Entwicklungsgeschichte der mineralogischen Wissenschaften. – 261 S., Berlin (Springer) 1926.
- GUNTAU, M.: Zu einigen Zielen und Aufgaben wissenschaftshistorischer Arbeit in der Gesellschaft für Geologische Wissenschaften der DDR. – Z. geol. Wiss., **5**, H. 4, 481–491, Berlin 1977.
- GUNTAU, M.: Die Genesis der Geologie als Wissenschaft (Schriftenreihe für Geologische Wissenschaften 22). – 131 S., Berlin (Akademie-Verlag) 1984.
- GUNTAU, M.: Die Entstehung der Mineralogie als wissenschaftliche Disziplin in der Geschichte. – Z. geol. Wiss., **12**, H. 3, 395–403, Berlin 1984b.
- HAARMANN, E.: Die Oszillationstheorie, eine Erklärung der Krustenbewegungen von Erde und Mond. – 260 S., Stuttgart (Enke) 1930.
- HAARMANN, E.: 150 Jahre Geologie. – Geolog. Rundsch., **26**, H. 4, 267–277, Stuttgart 1935.
- HADITSCH, J.: Die Rolle der Mineralogie im Bergwesen. – Mineral. Techn., **3**, 2–9, Essen 1976.
- HAIDINGER, W.: Anfangsgründe der Mineralogie. – 312 S., Leipzig (Barth) 1829.
- HAIDINGER, W.: Handbuch der bestimmenden Mineralogie, enthaltend die Terminologie, Systematik, Nomenklatur und Charakteristik der Naturgeschichte des Mineralreiches. – 630 S., Wien (Braumüller) 1845.
- HAIDINGER, W.: Uebersicht der Resultate mineralogischer Forschungen im Jahre 1843. – 150 S., Erlangen (Enke) 1845b.
- HAIDINGER, W.: Über die Pseudomorphosen und ihre anogene und katogene Bildung. – Abh. Kgl. Böhm. Ges., Folge 5, **3**, 232–259, Prag 1845c.
- HAIDINGER, W.: Zur Geognosie von Steyermark; Gosau-Schichten, Alpenkalk, Nummuliten-Kalk. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1846, 45–48, Stuttgart 1846.
- HAIDINGER, W.: Ueber den Haurit, eine neue Mineralspecies aus der Ordnung der Blenden. – Naturwiss. Abh., **1**, 101–106, Wien 1847.
- HAIDINGER, W.: Brandisit, eine neue Mineralspecies. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **1**, H. 1–6, 4–5, Wien 1847b.
- HAIDINGER, W.: Ueber den Pleochroismus des Amethysts. – Naturwiss. Abh., **1**, 1–10, Wien 1847c.
- HAIDINGER, W.: Der Aspasiolith als Pseudomorphose nach Cordierit. – Naturwiss. Abh., **1**, 79–91, Wien 1847d.
- HAIDINGER, W.: Ueber die Pseudomorphosen nach Steinsalz. – Naturwiss. Abh., **1**, 65–78, Wien 1847e.
- HAIDINGER, W.: Morlot, Künstliche Darstellung des Dolomites (Nachtrag). – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **2**, H. 14, 461–462, Wien 1847f.
- HAIDINGER, W.: Bericht über die Geognostische Übersichts-Karte der österreichischen Monarchie. – 43 S., Wien (k.k. Montanistisches Museum) 1847g.
- HAIDINGER, W.: Schreibersit und Shepardit. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **3**, H. 3, S. 282, Wien 1848.
- HAIDINGER, W.: Ueber die Metamorphose der Gebirgsarten. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **4**, H. 2, 103–134, Wien 1848b.
- HAIDINGER, W.: Gebirgsmetamorphose. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **4**, H. 2, 211–213, Wien 1848c.
- HAIDINGER, W.: Bericht über die Geognostische Uebersichts-Karte der österreichischen Monarchie. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **4**, H. 3, 215–246, Wien 1848d.
- HAIDINGER, W.: Geologische Beobachtungen in den österreichischen Alpen. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **3**, H. 5, 347–368, Wien 1848e.
- HAIDINGER, W.: Sir R. Murchisons Brief über die geologische Uebersichtskarte der österr. Monarchie. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **3**, H. 4, 306–310, Wien 1848f.
- HAIDINGER, W.: [v. WEISSENBACH], Struktur der Gänge. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **3**, H. 1, 73–76, Wien 1848g.
- HAIDINGER, W.: Programm. – Jb. Geol. R.-A., **1**, H. 1, V–VII, Wien 1850.
- HAIDINGER, W.: Das Museum der k.k. geologischen Reichsanstalt. – Jb. Geol. R.-A., **1**, H. 1, 153–168, Wien 1850b.
- HAIDINGER, W.: Die Aufgabe des Sommers 1850 für die k.k. geologische Reichsanstalt in der geologischen Durchforschung des Landes. – Jb. Geol. R.-A., **1**, H. 1, 6–16, Wien 1850c.
- HAIDINGER, W.: Die Wernerfeier am 25. Sept. 1850 in Oesterreich. – Jb. Geol. R.-A., **2**, H. 4, 1–39, Wien 1851.
- HAIDINGER, W.: Besucher der geologischen Reichsanstalt im diessjährigen Sommer. – Jb. Geol. R.-A., **4**, H. 4, 844–845, Wien 1853.
- HAIDINGER, W.: Schreiben Alexanders v. Humboldt. – Jb. Geol. R.-A., **7**, H. 4, S. 834, Wien 1856.
- HAIDINGER, W.: Ansprache gehalten am Schluss des ersten Decenniums der Kaiserlich-Königlichen Geologischen Reichsanstalt in Wien. – 37 S., Wien (k.k. Hof- und Staatsdruckerei) 1859.
- HAIDINGER, W.: Vorwort zum zehnten Bande. – Jb. Geol. R.-A., **10**, III–VI, Wien 1860.
- HAIDINGER, W.: Ansprache des Directors. – Jb. Geol. R.-A., **14**, H. 4, 147–198, Wien 1864.
- HAIDINGER, W.: Zur Erinnerung an Ferdinand Freiherrn v. Thinnfeld. – Jb. Geol. R.-A., **18**, H. 3, 321–336, Wien 1868.
- HALLAM, A.: A revolution in the Earth sciences, from continental drift to plate tectonics. – 127 S., Oxford (Clarendon Press) 1973.
- HAMMER, W.: Bericht über die Feier des 75jährigen Jubiläums der Geologischen Bundesanstalt. – Verh. Geol. B.-A., 1925, H. **6-7**, 109–130, Wien 1925.
- HARTMANN, C.: Neuere Geschichte der Geologie. – In: LYELL, C.: Geschichte der Fortschritte der Geologie (Grundsätze der Geologie 1), Anhang zur dt. Übersetzung, 400–576, Weimar (Voigt) 1842.
- HARTMANN, C.: Handbuch der Mineralogie, 1. – 559 S., Weimar (Voigt) 1843.
- HASSINGER, H.: Geomorphologische Studien aus dem inneralpinen Wiener Becken und seinem Randgebirge. – Geogr. Abh., **8**, H. 3, 1–205, Leipzig 1905.
- HAUER, F.: Die Cephalopoden des Salzkammergutes aus der Sammlung seiner Durchlaucht des Fürsten von Metternich. – 47 S., Wien (Braumüller) 1846.
- HAUER, F.: Hauerit. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **2**, H. 7, 2–3, Wien 1847.
- HAUER, F.: Zusammengewachsener Orthoceratit und Ammonit. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **1**, H. 1–6, 1–2, Wien 1847b.
- HAUER, F.: Ueber die Cephalopoden des Muschelmarmors von Bleiberg in Kärnthen. – Naturwiss. Abh., **1**, 21–30, Wien 1847c.

- HAUER, F.: Gebirgsschichten von Guttaring und Althofen. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **1**, H. 1–6, 132–134, Wien 1847d.
- HAUER, F.: Versteinerungen von Dienten in Salzburg. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **1**, H. 1–6, 187–189, Wien 1847e.
- HAUER, F.: Cephalopoden vom Rossfeld. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **3**, H. 6, 476–480, Wien 1848.
- HAUER, F.: [Ueber die richtige Deutung der Schichten, welche Nummuliten enthalten]. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **2**, H. 4, 261–266, Wien 1849.
- HAUER, F.: Ueber die Gliederung der geschichteten Gebirgsbildungen in den östlichen Alpen und den Karpathen. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **4**, H. 3, 274–314, Wien 1850.
- HAUER, F.: Ueber die geognostischen Verhältnisse des Nordabhanges der nordöstlichen Alpen zwischen Wien und Salzburg. – Jb. Geol. R.-A., **1**, H. 1, 17–60, Wien 1850b.
- HAUER, F.: Ueber die Gliederung des Alpen-Kalks in den Ost-Alpen. – N. Jb. Miner. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1850, 584–591, Stuttgart 1850c.
- HAUER, F.: Briefliche Mittheilung an Herrn Beyrich. – Z. dt. geol. Ges., **3**, 236–239, Berlin 1851.
- HAUER, F.: HOERNES, Die fossilen Mollusken des Tertiärbeckens. – Z. dt. geol. Ges., **4**, 631–633, Berlin 1852.
- HAUER, F.: Ueber die Gliederung der Trias-, Lias- und Juragebilde in den nordöstlichen Alpen. – Jb. Geol. R.-A., **4**, H. 4, 715–784, Wien 1853.
- HAUER, F. & FOETTERLE, F.: Geologische Übersicht der Bergbaue der österreichischen Monarchie. – 222 S., Wien (k.k. Geologische Reichsanstalt) 1855.
- HAUER, F.: Ein geologischer Durchschnitt der Alpen von Passau bis Duino. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **25**, H. 1, 253–348, Wien 1857.
- HAUER, F.: Ueber die Verbreitung der Inzersdorfer- (Congerien-) Schichten in Oesterreich. – Jb. Geol. R.-A., **11**, H. 1, 1–10, Wien 1860.
- HAUER, F.: Die Geologie und ihre Pflege in Österreich. – Alman. Akad. Wiss. Wien, **11**, 199–230, Wien 1861.
- HAUER, F. & STACHE, G.: Geologie Siebenbürgens. – 636 S., Wien (Braumüller) 1863.
- HAUER, F.: Die Haidinger-Feier. – Jb. Geol. R.-A., **15**, H. 1, 22–29, Wien 1865.
- HAUER, F.: Geologische Uebersichtskarte der österreichischen Monarchie. – Jb. Geol. R.-A., **17**, H. 1, 1–20, Wien 1867.
- HAUER, F.: Zur Erinnerung an Wilhelm Haidinger. – Jb. Geol. R.-A., **21**, H. 1, 31–40, Wien 1871.
- HAUER, F.: Die Geologie und ihre Anwendung auf die Kenntniss der Bodenbeschaffenheit der österr.-ungar. Monarchie. – 681 S., Wien (Hölder) 1875.
- HAUER, F.: Sir Charles Lyell. – Verh. Geol. R.-A., 1875, H. **4**, S. 63, Wien 1875b.
- HAUER, F.: Ansprache auf der Festsitzung am 5. Januar 1875 zur Feier des 25jährigen Jubiläums der k.k. geolog. Reichsanstalt. – Verh. Geol. R.-A., 1875, H. **1**, 2–10, Wien 1875c.
- HAUER, F.: Die Geologie und ihre Anwendung auf die Kenntniss der Bodenbeschaffenheit der österr.-ungar. Monarchie. – 2. Auflage, 764 S., Wien (Hölder) 1878.
- HAUER, F.: Joachim Barrande. – Verh. Geol. R.-A., 1883, H. **14**, 223–225, Wien 1883.
- HAUER, F.: Geologische Übersicht von Österreich-Ungarn. – In: Die österreichisch-ungarische Monarchie in Wort und Bild, Übersichtsband, 1, Naturgeschichtlicher Theil, 87–134, Wien (Hölder) 1887.
- HÄUSLER, H.: Beispiele wehrgeologischer Aufgaben im 2. Weltkrieg. – Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud. Österr., **32**, 125–136, Wien 1986.
- HAÜY, R.: Lehrbuch der Mineralogie, 1. – 611 S., Paris (Reclam) 1804.
- HENNIG, E.: Das Ringen um Erkenntnis des Alpenbaus und seine Bedeutung für die geologische Weltanschauung. – Nat. Volk, **64**, H. 8, 291–302, Frankfurt am Main 1934.
- HENNIG, E.: Das Ringen um Erkenntnis des Alpenbaus und seine Bedeutung für die geologische Weltanschauung. – Nat. Volk, **64**, H. 9, 342–353, Frankfurt am Main 1934b.
- HENNIG, E.: Formfragen der historischen Geologie. – N. Jb. Miner. Geol. Paläont. Mh., B, Geol. Paläont., 1943, 169–174, Stuttgart 1943.
- HERNECK, F.: Der Beitrag der geologisch-paläontologischen Wissenschaften zum Weltbild des 19. Jahrhunderts. – Ber. Geol. Ges. DDR, **9**, 57–73, Berlin 1964.
- HILGENBERG, O.: Vom wachsenden Erdball. – 56 S., Berlin (Giessmann & Bartsch) 1933.
- HOCHSTETTER, C.: Populäre Mineralogie oder die Fossilien- und Gebirgskunde für alle Stände. – 464 S., Reutlingen (Märken) 1836.
- HOCHSTETTER, F.: Über den inneren Bau der Vulkane und über Miniatur-Vulkane aus Schwefel; ein Versuch, vulkanische Eruptionen und vulkanische Kegelbildung im Kleinen nachzuahmen. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **2**, **62**, H. 9, 771–779, Wien 1870.
- HOCHSTETTER, F.: Das k.k. Hof-Mineraliencabinet in Wien. – Jb. Geol. R.-A., **34**, H. 2, 263–298, Wien 1884.
- HOERNES, M.: Uebersichtliche Darstellung des Mohsischen Mineralsystemes. – 136 S., Wien (Braumüller) 1847.
- HOERNES, M.: Verzeichniss der Fossil-Reste aus 135 Fundorten des Tertiär-Beckens von Wien. – 43 S., Wien (Braumüller) 1848.
- HOERNES, M.: Die fossilen Mollusken des Tertiär-Beckens von Wien. – Jb. Geol. R.-A., **2**, H. 4, 93–134, Wien 1851.
- HOERNES, R.: Ein Beitrag zur Gliederung der österreichischen Neogenablagerungen. – Z. dt. geol. Ges., **27**, H. 3, 631–645, Berlin 1875.
- HOERNES, R.: Die Fortschritte der Geologie. – In: UMLAUFT, F.: Die Pflege der Erdkunde in Oesterreich 1848–1898, 119–131, Wien (Lechner) 1898.
- HÖLDER, H.: Paläontologie als historische Wissenschaft zwischen Geologie und Biologie. – Nat. Mus., **115**, H. 10, 320–334, Frankfurt am Main 1985.
- HÖLDER, H.: Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie, ein Lesebuch. – 244 S., Berlin (Springer) 1989.
- HOPPE-SEYLER, F.: Ueber die Bildung von Dolomit. – Z. dt. geol. Ges., **27**, H. 3, 493–530, Berlin 1875.
- HSÜ, K.: Actualistic catastrophism and global change. – Global and Planetary Change, **3**, H. 3, 309–313, Amsterdam 1990.
- KAISER, E.: Der Grundsatz des Aktualismus in der Geologie. – Z. dt. geol. Ges., **83**, H. 6, 389–407, Berlin 1931.
- KATZER, F.: Das ältere Paläozoikum in Mittelböhmen. – 42 S., Prag (Beyer) 1888.
- KATZER, F.: Geologie von Böhmen. – 1606 S., Prag (Taussig) 1892.
- KAUFMANN, F.: Ueber die Granite von Habkern. – Verh. Geol. R.-A., 1871, H. **14**, 263–266, Wien 1871.
- KEAREY, P. & VINE, F.: Global Tectonics (Geoscience Texts). – 302 S., Oxford (Blackwell) 1990.
- KEFERSTEIN, C.: Nachschrift zu [...] Aufsätze des Hrn. Professor Buckland. – Teutschland geognost.-geol., **2**, H. 1, 118–121, Weimar 1822.
- KEFERSTEIN, C.: Bemerkungen gesammelt auf einer geognostischen Reise im Sommer 1828 besonders über die Alpen in Steiermark, Krain und Illyrien. – Teutschland geognost.-geol. dargestellt, **6**, H. 2, 125–324, Weimar 1828.
- KERTZ, W.: Wegeners „Kontinentverschiebungen“ zu seiner Zeit und heute. – Geolog. Rundsch., **70**, H. 1, 15–32, Stuttgart 1981.
- KIESLINGER, A.: Steinbruchkartei. – Verh. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenforsch., 1939, H. **1-3**, 23–25, Wien 1939.
- KLEBELSBERG, R.: Otto Ampferers geologisches Lebenswerk. – Jb. Geol. B.-A., **92**, 93–116, Wien 1949.
- KOBELL, F.: Die Mineral-Namen und die Mineralogische Nomenklatur. – 160 S., München (Cotta) 1853.
- KOBELL, F.: Geschichte der Mineralogie, von 1650–1860 (Geschichte der Wissenschaften in Deutschland 2). – 703 S., München (Cotta) 1864.
- KOLLENBERG, W.: Zur Theorienbildung in den Geowissenschaften. – Z. dt. geol. Ges., **137**, H. 2, 413–430, Stuttgart 1986.
- KRANZ, W.: Beiträge zur Entwicklung der Kriegsgeologie. – Geolog. Rundsch., **11**, 329–349, Berlin 1920.

- KRAUS, E.: Unterströmungstheorie statt Oszillations-Hypothese. – Z. dt. geol. Ges., **83**, H. 5, 308–326, Berlin 1931.
- KRAUS, E.: Der Abbau der Gebirge, I, Der alpine Bauplan. – 352 S., Berlin (Borntraeger) 1936.
- KRAUS, E.: Über den Flysch und den Kalkalpenbau von Oberdonau, eine Anwendung der Unterverschiebungs-(Subfluenz-)Theorie. – Jb. Ver. Landesg. Heimatpfl. Oberdonau, **91**, 179–254, Linz 1944.
- KRAUS, E.: Fünfzig Jahre Unterströmungs-Theorie. – Geologie, **7**, H. 3–6, 261–283, Berlin 1958.
- KREJCI, J.: Die Barrandeschen Colonien durch Dislocationen hervorgebracht. – Jb. Geol. R.-A. Verh., **10**, H. 4, 112–113, Wien 1859.
- KREJCI, J.: Bericht über die im Jahre 1859 ausgeführten geologischen Aufnahmen bei Prag und Beroun. – Jb. Geol. R.-A., **12**, H. 2, 223–284, Wien 1862.
- KREJCI, J.: Offene Erklärung über Herrn Barrande's Colonien im Silurbecken von Böhmen. – Verh. Geol. R.-A., 1869, H. **16**, S. 363, Wien 1869.
- KREJCI, J. & HELMHACKER, R.: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Eisengebietes, Zelezne Hory (Archiv der naturwissenschaftlichen Landesdurchforschung von Böhmen 5, Geolog. Abt.). – 124 S., Prag (Rivnac) 1881.
- KRIZ, J. & POJETA, J.: Barrande's colonies concept and a comparison of his stratigraphy with the modern stratigraphy of the Middle Bohemian Lower Paleozoic Rocks (Barrandian) of Czechoslovakia. – J. Paleontol., **48**, H. 3, 489–494, Lawrence 1974.
- KÜHN, F. & HÖRIG, B.: Geoförnerkundung, Grundlagen und Anwendungen (Handbuch zur Erkundung des Untergrundes von Deponien und Altlasten 1). – 166 S., Berlin (Springer) 1995.
- KÜHN, P.: Zur Herausbildung der Geothermie in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, ein Beitrag zur Geschichte der Geophysik. – Z. geol. Wiss., **16**, H. 1, 55–59, Berlin 1988.
- KÜPPER, H. & LECHNER, K.: Zur Frage der geologischen Prospektion nach Rohstoffen für Kernspaltungszwecke. – Verh. Geol. B.-A., 1956, H. **2**, 125–133, Wien 1956.
- KÜPPER, H.: Eduard Suess – Abgeordneter und Wissenschaftler. – Verh. Geol. B.-A., 1964, H. **1**, 2–4, Wien 1964.
- KÜPPER, H.: Geologie von Wien. – 194 S., Wien (Hollinek) 1965.
- KÜPPER, H.: Zur Lage der Geowissenschaften um 1969. – Verh. Geol. B.-A., 1970, H. **1**, 6–33, Wien 1970.
- KÜPPER, H.: Joachim Barrande und der Österreichische Geologenkreis. – Jb. Geol. B.-A., 131, H. **1**, 127–131, Wien 1988.
- LABURDA, M.: Die ersten Jahrzehnte der Geologischen Reichsanstalt. – 94 S., Wien (Univ., Diss.) 1951.
- LEITMEIER, H.: Sind die Ergebnisse geologischer und petrologischer Forschung in den Ostalpen unvereinbar?. – Jb. Geol. B.-A., **98**, H. 1, 33–66, Wien 1955.
- LENZ, H.: Mineralogie der alten Griechen und Römer. – 194 S., Gotha (Thienemann) 1861.
- LEONHARD, K.: Bedeutung und Stand der Mineralogie. – 111 S., Frankfurt am Main (Hermann) 1816.
- LEOPOLD, L.: River Morphology as an Analog to Darwin's Theory of Natural Selection. – Proc. Am. Philos. Soc., **138**, H. 1, 31–47, Philadelphia 1994.
- LIMA-DE-FARIA, J. et al.: Historical Atlas of Crystallography. – 158 S., Dordrecht (Kluwer) 1990.
- LINDEMANN, B.: Kettengebirge, kontinentale Zerspaltung und Erdexpansion. – 186 S., Jena (Fischer) 1927.
- LIPOLD, M.: Ueber Herrn J. Barrande's „Colonien“ in der Silur-Formation Böhmens. – Jb. Geol. R.-A., **12**, H. 1, 1–66, Wien 1862.
- LIPOLD, M.: Zu Herrn Krejci's Erklärung über die Colonien im Silur-Becken von Böhmen. – Verh. Geol. R.-A., 1870, H. **1**, 1–2, Wien 1870.
- LÜSCHEN, H.: Die Namen der Steine. – 380 S., Thun (Ott) 1979.
- LYELL, Ch.: Geschichte der Fortschritte der Geologie (Grundsätze der Geologie 1). – 612 S., Weimar (Voigt) 1842.
- MASON, S.: Geschichte der Naturwissenschaft in der Entwicklung ihrer Denkweisen, unveränd. Nachdr. – 732 S., Stuttgart (GNT) 1991.
- MAURER, S.: Sintflut und Paläontologie. – 117 S., Wien (Univ., Dipl.-Arb.) 1995.
- MAXIM, I.: O sută de ani de la apariția monografiei geologice a Transilvaniei „Geologie Siebenbürgens“ de Fr. Hauer și G. Stache. – Stud. Univers. Babes-Bolyai Ser. geol. geogr., **9**, H. 1, 57–67, Cluj-Napoca 1964.
- MYER, R.: Rhythmen der Gebirge und des Lebens. – Med. Klinik, **27**, 1–8, München 1934.
- MAOHS, F.: Versuch einer Elementar-Methode zur naturhistorischen Bestimmung und Erkennung der Fossilien, 1. – 128 S., Wien (Camesina) 1812.
- MAOHS, F.: Leichtfaßliche Anfangsgründe der Naturgeschichte des Mineralreiches. – 643 S., Wien (Wallishausser) 1832.
- MAOHS, F.: Die ersten Begriffe der Mineralogie und Geognosie für junge praktische Bergleute der k.k. österreichischen Staaten, 1. – 328 S., Wien (Gerold) 1842.
- MORLOT, A.: Ueber Dolomit und seine künstliche Darstellung aus Kalkstein. – Naturwiss. Abh., **1**, 305–315, Wien 1847.
- MORLOT, A.: Künstliche Darstellung des Dolomites. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **2**, H. 13, 393–394, Wien 1847b.
- MORLOT, A.: Analyse des Trachyts von Gleichenberg. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **2**, H. 12, 336–338, Wien 1847c.
- MORLOT, A.: Latente Metamorphose. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **1**, H. 1–6, 39–46, Wien 1847d.
- MORLOT, A.: Dolomit. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **4**, H. 2, 178–184, Wien 1848.
- MORLOT, A.: Formationsreihe in den Alpen. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **3**, H. 4, 334–338, Wien 1848b.
- MORLOT, A.: Dolomit. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **6**, H. 8, 126–127, Wien 1850.
- NEUMAYR, M. & PAUL, C.: Die Congerien- und Paludinenschichten Slavoniens und deren Faunen, ein Beitrag zur Descendenz-Theorie. – Abh. Geol. R.-A., **7**, H. 3, 1–106, Wien 1875.
- NICKEL, E. & MANDARINO, J.: Procedures involving the IMA Commission on New Minerals and Mineral Names, and guidelines on mineral nomenclature. – Mineral. Mag., **52**, H. 2, 275–282, London 1988.
- NIGGLI, P.: Das Experiment in den mineralogischen Wissenschaften. – Verh. Schweiz. Naturforsch. Ges., **126**, 9–25, Zürich 1946.
- NIGGLI, P.: Ordnungsprinzipien der Kristallwelt. – Exper., **10**, H. 5, 193–202, Basel 1954.
- NOEGERATH, J.: Irreguläre Steinsalz-Krystalle und Pseudomorphosen nach solchen. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1846, 305–317, Stuttgart 1846.
- NOWAK, E.: Geologische Untersuchungen im Südflügel des mittelböhmisches Silur. – Jb. Geol. R.-A., **64**, H. 1–2, 215–268, Wien 1914.
- Notice: Sur la Vie & les Ouvrages de M. de Rome DE L'ISLE. – Observ. phys. hist. nat., **36**, H. 4, 315–323, Paris 1790.
- OESER, E.: System, Klassifikation, Evolution, historische Analyse und Rekonstruktion der wissenschaftstheoretischen Grundlagen der Biologie. – 158 S., Wien (Braumüller) 1974.
- OESER, E.: Wissenschaftstheorie als Rekonstruktion der Wissenschaftsgeschichte, 1, Metrisierung, Hypothesenbildung, Theoriendynamik (Scientia Nova). – 198 S., Wien (Oldenbourg) 1979.
- OESER, E.: Wissenschaftstheorie als Rekonstruktion der Wissenschaftsgeschichte, 2, Experiment, Erklärung, Prognose (Scientia Nova). – Wien (Oldenbourg) 1979b.
- OESER, E.: Historical Earthquake Theories from Aristotle to Kant. – Abh. Geol. B.-A., **48**, 11–31, Wien 1992.
- OESER, E.: Information Superhighways für den Wissenstransfer und die Notwendigkeit einer Grundlagentheorie der Information. – Fakt. Dat. Zit., **14**, H. 1–2, 1–7, Wien 1994.
- ÖSTERREICHISCHE STUDIENGESSELLSCHAFT FÜR ATOMENERGIE: Die Motivationen psychischer Haltungen gegenüber der Atomfrage, ein Beitrag zum Verständnis der Einstellung der österreichischen Bevölkerung zur Atomfrage, vom Institut für politische Psychologie. – 350 S., Wien (SGAE 59/13) 1959.
- PAUL, K.: Zur Flyschfrage. – Verh. Geol. R.-A., 1878, H. **9**, 179–185, Wien 1878.

- PESCHEL, G.: Die Rolle der Abstraktion im Forschungsprozeß. – In: PESCHEL, G. et al.: Klassifizierung geowissenschaftlicher Informationen (Beiträge zur Mathematischen Geologie und Geoinformatik 1), 1–7, Köln (von Loga) 1991.
- PETRASCHECK, W.: Synthese und Analyse in der jüngsten Geschichte der Geologie. – Mitt. Geol. Ges. Wien, **61**, 61–62, Wien 1968.
- PETTKO, J.: Aufnahme der chemischen Eigenschaften in die Mineralogie. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **1**, H. 1–6, S. 134, Wien 1847.
- PILGER, A.: Die tektonische Erforschung der Alpen zwischen 1787 und 1915 (Clausthaler Geologische Abhandlungen 32). – 81 S., Clausthal-Zellerfeld (Pilger) 1978.
- PREVOST, C.: Ueber die geognostische Beschaffenheit des Basins, an dessen Rande die Stadt Wien im Oesterreichischen liegt. – Teutschland geognost.-geol. dargestellt, **2**, H. 1, 67–81, Weimar 1822.
- PRÜFER, K.: Krystallform des Lazuliths. – Ber. Mitt. Freunde Naturwiss. Wien, **2**, H. 11, 226–227, Wien 1847.
- PUCK, F.: Die Anfänge der Geologie in Österreich. – 154 S., Wien (Univ., Diss.) 1950.
- PURSER, B. et al.: Problems, progress and future research concerning dolomites and dolomitization. – In: PURSER, B. et al: Dolomites (International Association of Sedimentologists Special Publication 21), 3–20, Oxford (Blackwell) 1994.
- QUENSTEDT, F.: [Mittheilung an H.G. Bronn]. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1845, 680–684, Stuttgart 1845.
- RATZEL, F.: Raum und Zeit in Geographie und Geologie (Natur- und kulturphilosophische Bibliothek 5). – 177 S., Leipzig (Barth) 1907.
- REICHSTELLE FÜR BODENFORSCHUNG: Vorgänge an der Anstalt. – Verh. Zweigst. Wien Reichsst. Bodenforsch., 1939, H. **1-3**, 1–2, Wien 1939.
- REZANOV, I.: Zur Geschichte zweier alternativer Richtungen in der Geotektonik. – Z. geol. Wiss., **11**, H. 5, 521–530, Berlin 1983.
- RICHTER, F.: Zur Problematik exakter Begriffe in den geologischen Wissenschaften. – Ber. dt. Ges. geol. Wiss., A, Geol. Paläont., **15**, H. 4, 455–465, Berlin 1970.
- RICHTER, M.: Die deutschen Alpen und ihre Entstehung (Deutscher Boden 5). – 179 S., Berlin (Borntraeger) 1937.
- RINNE, F.: Zur ältesten und zur neuesten Kristallographie. – Mitt. Inst. Mineral. Petrogr. Leipzig, N.F., **88**, 1–35, Leipzig 1916.
- RONNER, F.: Die Nutzung geothermaler Energie. – Verh. Geol. B.-A., 1974, H. **1**, 145–199, Wien 1974.
- ROSE, G.: Zur Erinnerung an Wilhelm Haidinger. – Z. dt. geol. Ges., **23**, H. 2, 449–455, Berlin 1871.
- SACHS, A.: Die Grundlagen der Mineralogie. – 62 S., Stuttgart (Enke) 1918.
- SAEMANN, M.: Note sur la succession des faunes dans le bassin tertiaire de Vienne. – Bull. Soc. Geol. France, **2**, Ser., 20, 103–105, Paris 1863.
- SANDER, B.: Otto Ampferer. – Alman. Österr. Akad. Wiss., **98**, 227–233, Wien 1949.
- SCHAFFER, F.: Geologie von Wien, II, Das geologische Bild der Stadt. – 242 S., Wien (Lechner) 1906.
- SCHAFHÄUTL, K.: Über die rothen Ammoniten-Marmore von Oberalm und Adnet in Hinsicht auf die rothen Marmore der bayerischen Voralpen. – N. Jb. Mineral. Geogn. Geol. Petrefaktenk., 1848, 136–148, Stuttgart 1848.
- SCHIEBLING-MATYSIK, S.: Grundlegungen zur Integration der sozialen Anerkennung in die Umweltökonomie. – 234 S., Berlin (Techn. Univ., Diss.) 1995.
- SCHINDEWOLF, O.: Wesen und Geschichte der Paläontologie (Probleme der Wissenschaft in Vergangenheit und Gegenwart 9). – 108 S., Berlin (Wissenschaftl. Editions-ges.) 1948.
- SCHINDEWOLF, O.: Neokatastrophismus?. – Z. dt. geol. Ges., **114**, H. 2, 430–445, Stuttgart 1962.
- SCHMIDT, H.: Die Erdwissenschaften in der europäischen Gemeinschaftsforschung. – Geowissenschaften, **11**, H. 3, 92–95, Weinheim 1993.
- SCHMIDT, K.: „Subfluenz“ und „Subduktion“ in den Alpen. – Z. dt. geol. Ges., **127**, H. 1, 53–72, Stuttgart 1976.
- SCHMIDT, P.: Empfehlungen zum Studium der Geschichte der Geowissenschaften an deutschen Universitäten. – Nachr. Dt. Geol. Ges., **51**, 90–93, Hannover 1994.
- SCHMIDT, W.: Geothermie als Energiequelle. – Radex Rdsch., 1979, H. **3**, 1075–1081, Klagenfurt 1979.
- SCHNEIDERHÖHN, H.: Entwicklung der mineralogischen und geologischen Erkerkenntnis im 19. Jahrhundert (Achat-Berichte zur Geologie und Mineralogie 1). – 21 S., Hamburg (Achat-Verlag) 1948.
- SCHUCHERT, Ch.: Bemerkungen zu E. Haarmanns Oszillationstheorie. – Z. dt. geol. Ges., **83**, H. 5, 345–347, Berlin 1931.
- SCHUMM, S.: To interpret the earth, ten ways to be wrong. – 133 S., Cambridge (University Press) 1991.
- SCHWARZBACH, M.: Alfred Wegener, sein Leben und sein Lebenswerk. – Geol. Rundsch., **70**, H. 1, 1–14, Stuttgart 1981.
- SCHWINNER, R.: Zur Geschichte der Ostalpen-Tektonik. – Z. dt. geol. Ges., **92**, 263–270, Berlin 1940.
- SCHWINNER, R.: Ist die Geologie wirklich eine „historische“ Wissenschaft?. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. Mh., B, Geol. Paläont., 1943, 130–136, Stuttgart 1943.
- SEIBOLD, E.: Geologie verhindert den Fall ins Bodenlose, ihre Aufgaben in unserer Zeit. – Wissenschaftsmagazin, **11**, 5–8, Berlin 1988.
- SEIBOLD, E. & SEIBOLD, I.: Neues aus dem Geologen-Archiv (1991). – Geol. Rundsch., **81**, H. 2, 267–273, Stuttgart 1992.
- SEIBOLD, E.: Die Umwelt im Wandel, das Kernproblem für die Geowissenschaften. – Geowissenschaften, **11**, H. 5–6, 151–155, Weinheim 1993.
- SHEPARD, C.: Report on Meteorites. – Am. J. Sci., 2. Ser., **2**, H. 6, 377–392, New Haven 1846.
- SIMONY, F.: Bericht über die Arbeiten der Section V. – Jb. Geol. R.-A., **1**, H. 4, 651–657, Wien 1850.
- SONNEK, R.: Geothermale Energie in Österreich (II), Betriebserfahrungen mit geothermaler Fernheizung in Waltersdorf i. Oststeiermark (Information Geothermie 4). – 8 S., Graz (Forschungsgesellschaft Joanneum) 1982.
- STACHE, G.: Festvortrag, Separatausgabe zur Erinnerung an die Jubiläums-Feier des 9. Juni 1900. – 34 S., Wien (Geologische Reichsanstalt) 1900.
- STEINBORN, W. & SCHMIDT, K.: Fernerkundung der Erde, Datenmüll oder Weltinventur?. – Geowissenschaften, **13**, H. 5–6, 185–188, Weinheim 1995.
- STEINER, W.: Zur Geschichte der geologischen Karte. – Z. angew. Geol., **3**, H. 8–9, 417–424, Stuttgart 1957.
- STEINMANN, G.: Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre. – 284 S., Leipzig (Engelmann) 1908.
- SUESS, E.: Schreiben an Herrn W. Haidinger, M.K.A., k.k. Hofrath u.s.w. – Jb. Geol. R.-A., **10**, H. 4, 481–483, Wien 1859.
- SUESS, E.: Über die Wohnsitze der Brachiopoden. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **39**, H. 2, 151–206, Wien 1860.
- SUESS, E.: Schreiben [an Hofrat W. Haidinger, vorgelegt in der Sitzung am 21. Jänner 1861]. – Jb. Geol. R.-A. Verh., **12**, H. 2, 153–154, Wien 1862.
- SUESS, E.: Untersuchungen über den Charakter der österreichischen Tertiärablagerungen, II, Über die Bedeutung der sogenannten „brackischen Stufe“ oder der „Cerithienschichten“. – Sitzber. Akad. Wiss. Wien, math.-natwiss. Kl., **54**, H. 7, 218–257, Wien 1866.
- SUESS, E.: Die Entstehung der Alpen. – 168 S., Wien (Braumüller) 1875.
- SUESS, E.: Das Antlitz der Erde, I. – 778 S., Prag (Tempesky) 1885.
- SUESS, E.: Das Antlitz der Erde, II. – 703 S., Prag (Tempesky) 1888.
- SUESS, E.: Über die Structur Europas. – Schr. Ver. Verbr. naturwiss. Kenntnisse Wien, **30**, 1–21, Wien 1890.
- SUESS, E.: Abschieds-Vorlesung bei seinem Rücktritte vom Lehr- amte. – Beitr. Paläont. Geol. Österr. Ung. Orient, **14**, 1–8, Wien 1902.
- SWAN, A. & SANDILANDS, M.: Introduction to Geological Data Analysis. – 446 S., Oxford (Blackwell) 1995.

- SWERDLOW, J.: Information Revolution. – National Geographic, 188, H. 4, 4–37, Washington 1995.
- SZÖTS, E.: Eduard Reyer (1849–1914), Begründer der Gleitfaltungs-Hypothese. – Verh. Geol. B.-A., 1968, H. 1-2, 215–216, Wien 1968.
- TATJE, R.: Die Fachsprache der Mineralogie, eine Analyse französischer und deutscher Fachzeitschriftenartikel (Studien zur Allgemeinen und Romanischen Sprachwissenschaft 1). – 335 S., Frankfurt am Main (Lang) 1995.
- TERTSCH, H.: Der Schlüssel zum Aufbau der Materie. – 122 S., Wien (Jugend und Volk) 1939.
- TERTSCH, H.: Das Geheimnis der Kristallwelt, Roman einer Wissenschaft. – 391 S., Wien (Gerlach) 1947.
- THENIUS, E.: Der Beitrag österreichischer Geowissenschaftler zum „sea-floor spreading“- und „plate tectonics“-Konzept. – Verh. Geol. B.-A., 1979, H. 3, 407–414, Wien 1981.
- THENIUS, E.: Otto Ampferer, Begründer der Theorie der Ozeanbodenspreizung. – Geowissenschaften, 6, H. 4, 103–105, Weinheim 1988.
- THINNFELD, F.: Allerunterthänigster Vortrag des treuehorsaamsten Ministers für Landescultur und Bergwesen. – Jb. Geol. R.-A., 1, H. 1, 1–5, Wien 1850.
- THOEN, B.: On-line Resources for Earth Scientists (ORES). – (<ftp://ftp.csn.org/COGS/ores.txt>) 1994.
- TICHOMIROV, V. & RAVIKOVIC, A.: Die Geschichte der geologischen Wissenschaften und ihre Stellung im System der Wissenschaften. – Geologie, 20, H. 4–5, 338–344, Berlin 1971.
- TICHOMIROV, V.: Die wissenschaftlich-technische Revolution in der Geologie. – Z. angew. Geol., 19, H. 10, 531–537, Stuttgart 1973.
- TIETZE, E.: Ehrengrab für W. v. Haidinger. – Verh. Geol. R.-A., 8, 213–214, Wien 1892.
- TIETZE, E.: Franz v. Hauer, sein Lebensgang und seine wissenschaftliche Thätigkeit. – Jb. Geol. R.-A., 49, H. 4, 679–827, Wien 1899.
- TIETZE, E.: Der 80. Geburtstag Eduard Suess'. – Verh. Geol. R.-A., 1911, H. 11, 247–250, Wien 1911.
- TIETZE, E.: Einige Seiten über Eduard Suess, ein Beitrag zur Geschichte der Geologie. – Jb. Geol. R.-A., 66, H. 3–4, 333–556, Wien 1916.
- TOLLMANN, A.: Vom Bau der Alpen. – Universum, 16, H. 15–16, 439–445, Horn 1961.
- TOLLMANN, A.: Geologie im Umbruch. – Mitt. Österr. Geogr. Ges., 116, H. 1–2, 53–78, Wien 1974.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, I, Die Zentralalpen. – 766 S., Wien (Deuticke) 1977.
- TOLLMANN, A.: Die Bruchtektonik Österreichs im Satellitenbild. – N. Jb. Geol. Paläont. Abh., 153, H. 1, 1–27, Stuttgart 1977b.
- TOLLMANN, A.: Desaster Zwentendorf. – 249 S., Wien 1983.
- TOLLMANN, A.: Geologie von Österreich, II, Außerzentralalpiner Anteil. – 710 S., Wien (Deuticke) 1985.
- TOLLMANN, A.: 1986, Geologie von Österreich, III, Gesamtübersicht. – 718 S., Wien (Deuticke) 1986.
- TOLLMANN, A.: Umweltgeologie in Österreich. – Mitt. Österr. Geol. Ges., 79, 5–13, Wien 1986b.
- TOLLMANN, A. & TOLLMANN, E.: Und die Sintflut gab es doch. Vom Mythos zur historischen Wahrheit. – 560 S., München (Droemer Knaur) 1993.
- UMLAUFT, F.: Die Pflege der Erdkunde in Oesterreich 1848–1898, Festschrift der k.k. Geographischen Gesellschaft. – 317 S., Wien (Lechner) 1898.
- UNDERWOOD, J.: Geology, the 1st Infantry Division, and Desert Storm. – Geol. Soc. Am. Abstr. Programs, 24, H. 4, S. 69, Boulder 1992.
- VACEK, M.: Trauersitzung aus Anlass des Todes Fr. v. HAUERS. – Verh. Geol. R.-A., 1899, H. 4, 119–126, Wien 1899.
- VOGELSANG, H.: Philosophie der Geologie und mikroskopische Gesteinsstudien. – 229 S., Bonn (Cohen) 1867.
- WAAGEN, L.: Geologische Kartierung in Österreich seit der Gründung der Geologischen Reichsanstalt 1849. – Mitt. Reichsanst. Landesaufn. Berlin, 11, 143–150, Berlin 1935.
- WAGENBRETH, O.: Die Entwicklung des geologischen Weltbildes in den letzten 200 Jahren. – Forsch. Fortschr., 41, 365–371, Berlin 1967.
- WAGENBRETH, O.: Die Wurzeln mobilistischer Vorstellungen in der älteren Geschichte der tektonischen Forschung. – Z. geol. Wiss., 10, H. 3, 313–332, Berlin 1982.
- WALDMANN, L.: Bericht über die Geologische Staatsanstalt von Österreich. – 11 S., Wien (Unveröffentl. Ber.) 1945.
- WATZNAUER, A.: Kritische Bemerkungen zur wissenschaftlichen Begriffsbildung. – Z. angew. Geol., 2, H. 2–3, 64–65, Stuttgart 1956.
- WEBER, L.: Rene Just Haüy. – Z. Kristallogr., 57, H. 2, 129–144, Leipzig 1922.
- WEGENER, A.: Die Entstehung der Kontinente und Ozeane (Die Wissenschaft. Einzeldarstellungen aus der Naturwissenschaft und der Technik 66). – 3. Auflage, 144 S., Braunschweig (Vieweg) 1922.
- WEISS, C.: Dynamische Ansicht der Krystallisation. – In: Lehrbuch der Mineralogie, ausgearbeitet vom Bürger Haüy, Dt. Übersetzung, Anhang, 368–389, Paris (Reclam) 1804.
- WENIG, K.: Naturphilosophisches Denken in der Mitte des 19. Jahrhunderts unter besonderer Berücksichtigung von Geologie und Paläontologie. – Z. geol. Wiss., 16, H. 1, 19–23, Berlin 1988.
- WILLIAMS, M.: Catastrophic versus noncatastrophic extinction of the dinosaurs: testing, falsifiability, and the burden of proof. – J. Paleont., 68, H. 2, 183–190, Lawrence 1994.
- WILLIG, D.: Wehrgeologen in Somalia. – Nachr. Dt. Geol. Ges., 51, 86–90, Hannover 1994.
- WILSON, J.: A revolution in earth science. – Geotimes, 13, H. 10, 10–16, Washington 1968.
- WILSON, J.: A reply to V. V. Belousov. – Geotimes, 13, H. 10, 20–22, Washington 1968b.
- WISSMANN, H.: Beiträge zur Geognosie und Petrefactenkunde des südöstlichen Tirols. – Beitr. Petrefaktenk., 4, 1–7, Bayreuth 1841.
- WUNDT, W.: Logik, Eine Untersuchung der Principien der Erkenntnis und der Methoden wissenschaftlicher Forschung, 2, Methodenlehre. – 620 S., Stuttgart (Enke) 1883.
- ZENGER, D. et al.: Dolomieu and the first description of dolomite. – In: PURSER, B. et al.: Dolomites (International Association of Sedimentologists Special Publication, 21), 21–28, Oxford (Blackwell) 1994.
- ZEUSCHNER, L.: Ueber die Verschiedenheit der Entstehung der Salzablagerungen in den Karpathen und in den Salzburger Alpen. – Jb. Geol. R.-A., 1, H. 2, 234–241, Wien 1850.
- ZÖTL, J.: Geothermale Energie in Österreich (I), Oststeiermark 1: Waltersdorf i. O. (Information Geothermie 3). – 8 S., Graz (Forschungsgesellschaft Joanneum) 1981.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Abhandlungen der Geologischen Bundesanstalt in Wien](#)

Jahr/Year: 1999

Band/Volume: [55](#)

Autor(en)/Author(s): Leutner Manfred

Artikel/Article: [Wissenschaftstheoretische Fallstudien zur Entwicklung der erdwissenschaftlichen Forschung in Österreich: Wilhelm Haidinger - Franz von Hauer - Otto Ampferer 1-92](#)