

Mitteilungen der Geologischen Gesellschaft in Wien
53. Band 1959

S. 35–52

Die Methode in der Geologie

Von **R. W. van Bemmelen** *)

Zusammenfassung:

Die geologische Arbeitsmethode wird weder auf Grund der historischen Entwicklung der geologischen Begriffsbestimmung, noch auf Grund der technischen Entwicklung der geologischen Untersuchungen, sondern auf Grund einer näheren Erläuterung des Zwiegesprächs, das der Geologe mit der Erde führt, besprochen.

Am Beginn wird kurz der allgemeine Charakter der Naturwissenschaft, ihre Arbeitsmethode und die Bedeutung von Experimenten festgestellt. Anschließend wird auf die beschränkte Experimentiermöglichkeit in der Geologie hingewiesen.

Da die Geologie im Grunde genommen eine geschichtliche Wissenschaft ist, zeigt die Arbeitsmethode eines Geologen Analogien mit der eines Geschichtsforschers. Daher ist die Persönlichkeit des geologischen Untersuchers von Bedeutung für die Art und Weise, in der die Analyse der Vergangenheit durchgeführt wird. Diese subjektive Seite der Untersuchung verursacht, daß man zwei Tendenzen unterscheiden kann, nämlich die, in der man sich bemüht, die Geologie als exakte Wissenschaft zu betreiben und jene, in der die Geologie als eine Kunst betrachtet wird.

Diese zwei gegensätzlichen Möglichkeiten — Geologie als exakte Wissenschaft und als Kunst (26) — können zueinander gebracht werden, wenn die Einteilung des Stoffes nicht ausschließlich auf Grund von dem Vorkommen oder dem Nichtvorkommen von Kennzeichen, sondern durch Ordnung der Phänomene in typologische Reihen auf Grund von abstuftbaren Merkmalen geschieht. Dadurch wird der Weg für genauere Methoden zum Messen der Eigenschaften und für eine mathematische Formulierung ihrer gegenseitigen Zusammenhänge frei.

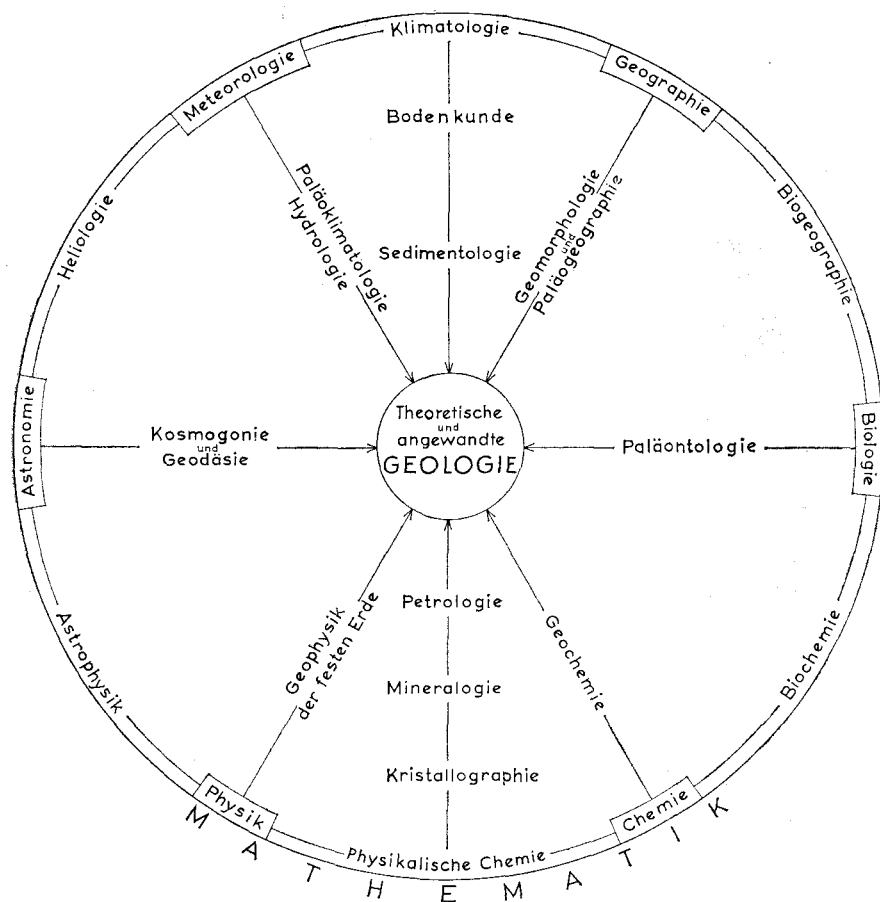
Ferner wird auf die Eigenart des Objektes der geologischen Untersuchung, d. h. der Erde, eingegangen. Durch die zunehmende Anzahl von Faktoren, die in bestimmten Komplexen von natürlichen Erscheinungen

*) Anschrift: Prof. Dr. R. W. van Bemmelen, Mineralogisch-Geologisches Institut der Reichsuniversität Utrecht, Oude Gracht 320, Niederlande.

eine Rolle spielen, entstehen neue, sogenannte emergente Eigenschaften. Diese verursachen eine hierarchische Rangordnung in dem Studium der Natur:

Physik → Chemie → Geologie → Biologie → Psychologie.

Der Geologe arbeitet mit allgemeinen Vorstellungen und Begriffen, die sozusagen die „Spielregel“ bei der Ausübung dieser Wissenschaft sind. Aber die Voraussetzungen hierfür stehen viel weniger fest als die allgemeinen Naturgesetze bei den Grundwissenschaften wie Physik und Chemie. Man soll die verschiedenen Voraussetzungen deswegen auf ihre Gültigkeit prüfen (Methode der mehrfachen Arbeitshypothesen). Als Beispiel der Spielregel in der Geologie wird das „Prinzip der Aktualität“ und die Methode der „vergleichenden Ontologie“ besprochen. Die Beziehungen der Geologie zu ihren Schwesterwissenschaften werden durch die folgende Figur verdeutlicht.



Motto:

„Wer als Geologe lange Jahre mit der Natur allein und intim verkehrt, findet sich immer häufiger und deutlicher in eine Zwiesprache versetzt, bei welcher sich der andere stets als der Gescheiterte herausstellt.“

(H. CLOOS: Einführung in die Geologie, 1936, S. 2.)

Die Arbeitsmethode in der Geologie könnte historisch behandelt werden, indem man eine Übersicht von der Entwicklung der geologischen Begriffe und Theorien gibt. Man würde z. B. nachforschen können, wie sich die wissenschaftliche Auffassung eines konkreten Gegenstandes im Laufe der Zeit verändert hat. Die historische Evolution des Begriffes, wie der von Basalt oder Granit, ist eine Art Kollektivstudium der Wissenschaftler durch die Jahrhunderte hindurch gewesen, wobei immer auf Wahrnehmungen und Auffassungen von Vorgängern weitergebaut worden ist. GLANGEAUD (16, S. 131) spricht in diesem Zusammenhang von der „*dialectique collective*“.

Historisch gesehen hat auch in der Art und Weise eine Änderung stattgefunden, in der die Wissenschaft ausgeübt wird. Nach der Renaissance, könnte man von einer heroischen Periode sprechen, da die Entwicklung der Wissenschaft besonders den genialen Persönlichkeiten, die weit über ihre Zeitgenossen hervorragten, zu verdanken war. Heute besteht mehr die Tendenz zusammenzuarbeiten (Kooperation). Es entsteht die kollektive Arbeit eines „Teams“, die oft konvergent nach einem bestimmten Ziel hin gerichtet ist. Symposia über bestimmte Themen sind auf Kongressen und anderen Zusammenkünften ein Mittel geworden, um die Resultate der Arbeit von Spezialisten miteinander in Verbindung zu bringen.

Man würde auch den technischen Werdegang der Untersuchungsmittel als Richtlinie nehmen können. Von großer Bedeutung für die Geologie war z. B. die Entwicklung und die Einführung des Polarisationsmikroskops, mit dessen Hilfe die mineralogische Zusammensetzung und die innere Struktur von scheinbar undurchsichtigen Gesteinen studiert werden konnten. Aber diese Seiten der geologischen Arbeitsmethode will ich jetzt unberücksichtigt lassen. In den folgenden Seiten wird die Aufmerksamkeit auf die Methodologie der Zwiesgespräche, die der Geologe mit der Erde führt, gelenkt.

Die Geologie bildet einen Unterteil jenes merkwürdigen dynamischen Prozesses des menschlichen Geistes, den wir gewöhnlich als Naturwissen-

schaften zusammenfassen. Der Mensch versucht, von einem Untersuchungsdrange getrieben, die große Verschiedenheit der Erscheinungen, die ursprünglich den Eindruck eines Chaos auf ihn machten, zu ordnen und zu erklären. Der wahre Naturwissenschaftler wird in der Kulturgeschichte als ein Prometheus, der das himmlische Feuer rauben will, als ein Adam, der vom Baum der Erkenntnis isst, als ein faustisch unbefriedigter Mensch gezeichnet.

Der naturwissenschaftliche Untersucher, der in dieser Weise innerlich getrieben wird, kann es dem Philosophen überlassen zu untersuchen, was in ihm stattfindet. Kenntnistheorie ist Philosophie und kein Teil der Naturwissenschaft (16).

Die Naturwissenschaft studiert die wahrnehmbaren Erscheinungen unabhängig von der „Kenntnisfrage“ und unabhängig von den Beziehungen zum Schöpfer im metaphysischen Sinne. Sie untersucht den funktionellen Zusammenhang zwischen den Erscheinungen.

Dieses Bestreben ist mit Recht befriedigt (jedesmal bis zu einem gewissen Grade und bis zu einem gewissen Stadium), wenn die Regel, die der Untersucher aufstellte, durch wiederholte Beobachtungen bestätigt wird. Wir können dann von der „Richtigkeit“ der erhaltenen Einsicht sprechen und von einem empirischen „Naturgesetz“. Damit weichen wir kenntnistheoretischen Fragen nach der „Wahrheit“ und der „Wirklichkeit“ aus.

Bei der freien Ausübung der Naturwissenschaften entsteht als Nebenergebnis „Einsicht in die Weise“, in der man am besten handelt, wenn man bestimmte Ziele erreichen will (technische, politische und ökonomische Handlung in kurzer Frist, oder die Verfolgung von theoretischen Idealen auf lange Sicht). Man spricht deshalb von reiner und angewandter Naturwissenschaft und ebenso von theoretischer und angewandter Geologie.

Die Naturwissenschaften in reinem Sinne des Wortes, sind eine Familie von Schwesterwissenschaften, welche die verschiedenen Aspekte der Natur untersuchen und dadurch jede für sich einen etwas anderen Charakter und andere Arbeitsmethoden haben. Die „Mathematik“ fällt aus dem Rahmen der Naturwissenschaften heraus, weil ihr Gegenstand nicht die Natur selbst ist. Sie versucht, lose von allen Wahrnehmungen, logische Systeme aufzubauen, welche auf a priori formulierte Axiomen gegründet sind.

Mit Hilfe der Ausdrucksweise der mathematischen Symbole versucht man dann den in der Natur beobachteten funktionellen Zusammenhang zum Ausdruck zu bringen. Die „Mathematisierung“ ist in der Physik, die sich mit den allgemeinen Gesetzen der stofflichen — subatomär, atomär und molekular — Bereiche befaßt, am weitesten fortgeschritten. Die Che-

mie baut auf diesen physikalischen Gesetzen weiter und untersucht die strukturellen Verbindungen zwischen den stofflichen Elementen.

Sowohl der Physiker wie auch der Chemiker kann mit seinem Material experimentieren. Er kann zielbewußte, kontrollierende Wahrnehmungen machen, zur Prüfung der aufgestellten oder vorausgesetzten funktionellen Beziehungen. Beim Experiment eliminiert er soviel wie möglich die störenden Einflüsse. Man schafft gewissermaßen ein künstliches Milieu, ein abgeschlossenes System, in dem die Wirkung der einzelnen Faktoren geprüft und eventuell gemessen werden kann. Dadurch machen diese beiden Grundwissenschaften ihre Studienobjekte für quantitative Beschreibung zugänglich.

Die Ordnung der wahrgenommenen Erscheinungen in einem mathematischen Relationssystem ist eine Induktion, von der es nicht a priori sicher ist, ob sie auch funktionell richtig ist. Die logischen Deduktionen der aufgestellten Regel liefern jedoch kontrollierbare Erwartungen, sog. Prognosen, über die Umstände, unter denen in der Natur bestimmte Erscheinungen auftreten werden.

Durch ergänzende, diagnostische Beobachtungen kann das aufgestellte Naturgesetz kontrolliert werden. Wenn nämlich die Erwartung und die Feststellung („Prognose“ und „Diagnose“ genannt [6]) innerhalb der Meßfehlergrenze miteinander übereinstimmen, hat man die Richtigkeit der aufgestellten Regel bewiesen*).

Mit dieser Beschreibung wird die allgemeine wissenschaftliche Methode angedeutet, die von DIJKSTERHUIS (12 a, p. 52) die „generische Methode“ genannt wird. Es ist der Weg aufwärts, von isolierten Tatsachen bis zur hypothetischen Konzeption, und der Weg hinunter von der Konzeption nach noch nicht oder schon gebrauchten Tatsachen. Einen allgemein anerkannten Namen besitzt diese Methode noch nicht. Oft wird hierfür der Name „hypothetisch-deduktive Methode“ benutzt. Im Jahre 1952 schlug ich den Ausdruck „Prognose-Diagnosemethode“ vor (6).

Infolge der Verfeinerungen und Erweiterungen der Beobachtungen, z. B. durch Verbesserungen am Instrumentarium, hat man besonders in

*) Hierbei sei bemerkt, daß die Begriffe Prognose und Diagnose etwas anders angewandt werden als in der Medizin, der sie entnommen sind. Dort wird erst die Diagnose einer Krankheit festgestellt und darauf die Prognose ihrer weiteren Entwicklung gemacht. Außerdem ist die Prognose in der Medizin immer die Erwartung über die Entwicklung einer Krankheit in der Zeit, während die erweiterte Anwendung dieses Begriffes — in der Naturwissenschaft im allgemeinen und in der Geologie im besonderen — sich auch auf Erscheinungen beziehen kann, die sich an anderen Stellen und in früheren Zeiten im Weltall oder auf der Erde schon verwirklicht haben, aber die noch nicht von uns wahrgenommen worden sind. Die diagnostischen Wahrnehmungen fanden dann erst nach der Prognose statt (6).

unserem Jahrhundert ein tieferes Verständnis für die Grenzbedingungen der globalen Naturwissenschaften bekommen. Man spricht z. B. von „Unsicherheitsbeziehungen“. Die Naturgesetze sind von Bedeutung für die Ökonomie unseres Denkens, weil große Erscheinungskomplexe zu übersichtlich formulierten Beziehungssystemen zusammengefaßt werden.

Wenn man jedoch tiefer nachdenkt, erkennt man, daß kein einziges Naturgesetz eine unbeschränkte Gültigkeit haben kann. Dies ist z. B. der Fall bei dem Gasgesetz von BOYLE-GAY LUSSAC, in verstärktem Maße aber für jene Regeln und Gesetze, die für verwickelte Fälle aufgestellt wurden, bei denen viel mehr Faktoren ausschlaggebend sind.

In der Geologie sind Experimente mit dem Objekt selbst, d. h. mit der Erde und mit ihrer Kruste, viel schwieriger, oft sogar unmöglich, weil die Ausmaße zu groß sind und auch das Zeitmaß der geologischen Prozesse unseren menschlichen Lebensrhythmus um das millionenfache und mehr übertrifft. Durch dieses langsame Tempo kann der Ablauf der geologischen Erscheinungen nicht direkt wahrgenommen werden. Man muß deshalb den Vorgang aus den entstandenen Resultaten deuten. Daher macht sich der Denkprozeß eine Vorstellung von dem, was sich in der Natur abgespielt haben könnte. Notgedrungen ist diese geistige Vorstellung ein sehr vereinfachtes Bild von der Wirklichkeit.

Es ist klar, daß Experimente im Laboratorium (obgleich sie kein Beweis dafür sind, daß die in der Natur auftretenden Prozesse analog verliefen) doch eine sehr befruchtende Wirkung auf unsere Vorstellung haben können. KUENEN (22) sagt deshalb auch, daß Experimente in der Geologie drei Funktionen haben, und zwar folgende:

- a) Prüfung einfacher geistiger Vorstellungen,
- b) bessere Wahrnehmung und Messung bekannter Prozesse,
- c) Anregung des Vorstellungsvermögens.

Man muß jedoch bedenken, daß geologische Prozesse in der Wirklichkeit „offene Systeme“ sind, welche äußerlichen Einflüssen ausgesetzt sind, so daß man keine Bilanz der Kräfte aufstellen kann, wie das z. B. bei einem tektonischen Experiment möglich ist. Auch die Reihenfolge, in der die verschiedenen Kräfte tätig waren, kann in der Natur vollkommen anders sein als beim Experiment. Der Unterschied im Maßstab zwingt uns ferner zur Annahme, daß das Experiment im Laboratorium höchstens eine wertvolle Analogie sein kann, aber niemals entscheidend beweist, daß so ein Prozeß auch in Wirklichkeit stattgefunden hat (20, 14).

Die beschränkte Möglichkeit in der Geologie zu experimentieren hat zur Folge, daß man andere Arbeitsmethoden als in der Physik bzw. in der Chemie anwenden muß.

Die Geologie ist im Grunde genommen eine historische Wissenschaft. Sie beschäftigt sich mit der Deutung der jetzt noch wahrnehmbaren Spuren von Vorgängen, die in der Vergangenheit auf und in der Erde stattgefunden haben. Der Geologe studiert besonders die Änderungen, die sich an oder in der Nähe der Oberfläche vollzogen haben, denn diese Prozesse bilden das Milieu für die Entstehung und die weitere Evolution des Lebens auf der Erde (9, 10) und für die Mineralanhäufungen in der Erdkruste, die das Fundament unseres wirtschaftlichen Wohlstandes sind. So sagte kürzlich ein bekannter Ölogeologe: „Those geologists who can reconstruct the geological picture most accurately, will find the most oil.“ (23).

Da das geologische Denken der Vergangenheit Form gibt, impliziert dies ein subjektives Element im gestalteten Bilde (26). Die Geologie weiß — genau wie beim Studium der menschlichen Geschichte — um die Nachteile der Lückenhaftigkeit der Dokumente, auf denen die Deutung früherer Ereignisse beruht. Nur ein Teil der geologischen Prozesse hinterläßt Spuren in den Gesteinsarchiven. Außerdem werden viele dieser Spuren durch spätere Ereignisse wieder ausgelöscht.

Ferner ist es oft mühsam, bisweilen sogar eine Unmöglichkeit, die Arbeiten anderer Geologen nachzuprüfen, weil die untersuchten Gebiete oftmals schwer zugänglich sind und die Aufschlüsse manchmal nur kurze Zeit sichtbar waren (Wegeinschnitte und Baugruben, die wieder vermauert wurden; Stollen, die wieder einstürzten, usw.).

Diesen Nachteil hat z. B. ein Astronom nicht, weil er im allgemeinen seine photographischen Aufnahmen und alle anderen, durch Instrumente automatisch registrierten Wahrnehmungen seinen Kollegen zur Prüfung vorlegen kann. Beim Sammeln der primären geologischen Daten sind die persönlichen Qualitäten (gute Konstitution, kritisches Wahrnehmungsvermögen, Begabtheit im Zeichnen, Energie etc.) für den Geologen im allgemeinen von größerer Bedeutung als für den in den Schwesterwissenschaften Tätigen. Bei den zuletzt Genannten ist meistens die Qualität der Instrumente, die im Laboratorium oder Observatorium benützt werden, um primäre Daten zu sammeln, von größter Bedeutung.

Die große Bedeutung der Persönlichkeit eines geologischen Untersuchers erkennt man auch aus der Tatsache, daß — wie das auch für die Geschichtsforschung gilt — der vorhandene Stoff schweigt, wenn man ihn nicht befragt. PANNEKOEK (26) weist mit Nachdruck darauf hin, daß diese Fragen von der Zeit abhängig sind, in der der Untersucher lebt, d. h. von der „Schule“, in der er erzogen worden ist, und von dem

Zwecke, mit dem er seinem Stoff entgegentritt. Die Antwort, die er dabei bekommt, und das Bild, das er sich formt, sind abhängig von diesen Fragen. In dieser Hinsicht besteht eine große Ähnlichkeit zwischen der Arbeit eines Geologen und der eines Geschichtsforschers, von der HUIZINGA (21) sagte: „Bevor man mit der Analyse anfängt, soll im Geiste schon eine Synthese gemacht worden sein. Die Konzeption eines geordneten Zusammenhanges ist schon für die erste Arbeit, die des Grabens und Hauens, unentbehrlich.“ (26). Hans CLOOS spricht von einer Zwiesprache, die der Geologe mit der Natur führt (12).

Es ist klar, daß bei einem solchen Gespräch die Eigenart des Subjektes, d. h. des Geologen, genau so wichtig ist wie die des Objektes, d. h. der Erde (18, 15, 32). Deshalb ist es nötig, daß wir auch den Charakter des geologischen Forschers in Betracht ziehen.

WRIGHT (32) unterschied zwei Typen, und zwar

- a) den wissenschaftlichen Untersucher, der aktiv und ordentlich ist und der danach strebt, seinen Stoff zu klassifizieren und ihm die Ordnung bestimmter Schemas aufzudrängen, und
- b) den Typ, der empfänglicher, in den meisten Fällen jedoch weniger ordentlich ist und außerdem weniger Interesse zeigt, seinen Stoff zu schematisieren.

OSWALD (25) erkannte vor einem halben Jahrhundert bei den Naturwissenschaftlern ebenfalls zwei Arten, den Klassiker und den Romantiker. Diese Typen sollen resp. mit dem phlegmatischen und dem sanguinischen Charakter zusammenhängen. Der erste Typ soll mehr geneigt sein, Schemas aufzustellen und konsequent Deduktionen anzuwenden, während der andere mehr den gegenseitigen Zusammenhang der Erscheinungen zu entdecken versuchen will. Dieser letztere Typ wird durch Induktion neue Untersuchungswege eröffnen können.

Auch bei den Geologen trifft man beide Arten an. WERNER war ein ausgesprochener Klassiker. Er stellte am Ende des 18. Jh. die Lehre des „Neptunismus“ auf, die in der Hauptsache den Zweck hatte die Wahrnehmungen zu ordnen. Diese Lehre war ein gekünsteltes System, das jedoch als Einteilungsschema befriedigte. HUTTON, sein Gegenspieler, war mehr Romantiker. Er entwarf die Lehre des „Plutonismus“. Diese zeigt uns das Bild von immer wiederkehrenden Kreisläufen, die wie Schöpfräder zeitlich und örtlich verschiedenes Material aus verschiedenen Tiefen des Erdmantels emporbringen und auch wieder nach der Tiefe abführen (31, 9).

Selbstverständlich sind diese beiden Charaktertypen nur die extremen Pole einer typologischen Reihenfolge, in der alle Schattierungen und Abstufungen angetroffen werden (19).

Es gibt eine Strömung — geführt von dem aktiven, systematisch ordnenden Typ des Klassikers —, welche die Physik und die Chemie als die einzig wahre Naturwissenschaft betrachtet, weil dabei die meisten Prozesse durch mathematische Formeln ausgedrückt werden können und die Größe der Merkmale durch exakte Messungen festgestellt werden kann. Diese Strömung betrachtet, wie WRIGHT (32) es ausdrückt, die Geologen und Biologen als Gelehrte aus der Steinzeit, die sich mehr oder weniger hoffnungsvoll in die Richtung des fernen Zieles zur Erreichung einer lückenlosen „Quantifikation“ und „Mathematisierung“ ihrer Studienobjekte hineinarbeiten. Diese Gruppe nimmt Geologen und Biologen nur aus purer Höflichkeit in den Kreis der exakten Naturwissenschaftler auf.

Viele Geologen schrecken vor einer zu weit durchgeführten Verfolgung dieser Richtung zurück, d. h. vor einer „Robotgeologie“, denn die Geologie sollte ja doch „an inexact science and an art“ sein (23, 26). Dieser extremen Meinung „gegenüber“ steht jedoch die Aussprache von LEED und JUDSON (1954), die in ihrem Lehrbuch der Geologie sagen: „Originally geologie was essentially descriptive, a branch of naturall science. But in the middle of the 20th entury it had developed into a full-fledged physical science making liberal use of chemistry, physics and mathematics.“ Wahrscheinlich wird eine Synthese zwischen diesen beiden Auffassungen angestrebt werden müssen.

Die Ausübung der Geologie ist tatsächlich eine frei schöpfende Kunst, sagt PANNEKOEK (26), soweit sie von ihren Studenten eine schöpferische, wissenschaftlich verantwortende Phantasie verlangt, eine „imagination controlée“, wie GOGUEL (17) es nennt.

Mit kritischem Sinne und einem feinen Unterscheidungsvermögen für qualitative Schattierungen muß der Geologe nach eigenem Ermessen erst eine Anzahl möglicher Rekonstruktionen der Ereignisse herstellen, die in der Vergangenheit stattgefunden haben. Diese werden später teilweise wieder abgelehnt, wenn die davon abgeleiteten Prognosen im Widerspruch mit den diagnostischen Wahrnehmungen stehen (6).

Auf die Entwicklung der Geologie nach exakteren Methoden (nach dem Beispiel der Physik und der Chemie) können bestimmte Begriffe, welche auf die traditionelle Logik gegründet sind, hemmend wirken. „Die traditionelle Logik ist eine Logik der klassifizierenden Begriffsbildung.“ (19, p. 13). Die Definition bestimmter Erscheinungskomplexe in der Geologie ist nämlich oft auf das Vorhandensein oder das Nichtvorhandensein von Merkmalen gegründet, die Schemas mit strengen Grenzen schaffen. In Wirklichkeit werden die Objekte jedoch durch allmähliche Übergänge gekennzeichnet. Schemas sind nicht imstande, diese vielseitige

Kontinuität der Natur gleichwertig wiederzugeben. Diese Schwierigkeit gilt für alle katalogisierenden Beschreibungsarten. Wenn wir unsere fachgemäßen Begriffe auf das Vorhandensein oder das Nichtvorhandensein von Merkmalen gründen, werden wir stets widernatürliche Schnitte in dem natürlichen Bild anbringen. Faktisch treten Eigenschaften in variabler Streuung auf. Es gibt unendlich viele Schattierungen, wodurch wir das Wahrgenommene im günstigsten Falle in typologische Reihen ordnen können. Die Grenzen zwischen den Typen sind oft bedeutungslos. Durch die Formulierung der abstufbaren Merkmale, den sog. Variablen, ist eine viel geschmeidigere Art der Naturbeschreibung möglich. Außerdem öffnet sie den Weg zu einer exakteren Beobachtungsweise und Registrierung, weil man Meßmethoden für das Maß, in dem die verschiedenen Eigenschaften auftreten, entwerfen kann. Ferner kann man die Beziehungen zwischen diesen Variablen durch mathematische Formeln auszudrücken versuchen.

Typologische Reihen mit allmählichen oder gestuften Übergängen zwischen den Typen werden einmal an die Stelle der starren Definitionen der Klassifikationsschemas kommen müssen. Die subjektiven Schätzungen der Masse, in der bestimmte Eigenschaften auftreten, werden quantitativen Maßstäben Platz machen müssen. In der Geologie werden die Werte der Variablen oft durch statistische Durchschnitte bestimmt werden müssen.

Eine vielversprechende Methode, die Natur übersichtlicher und genauer zu beschreiben, wurde von MELTON (24) gegeben. Dieser Autor ordnet die Variablen in bestimmte Korrelationsstrukturen. Solche Systeme von Variablen können nach ihm in drei Arten geteilt werden:

- a) Ein Typ, der kausale Zusammenhänge zeigt, wobei Kreisläufe mit negativen „feed back“ auftreten, d. h., die also unterdrückend wirken;
- b) einen Typ, in dem die kausalen Zusammenhänge einen positiven „feed back“ aufweisen, also verstärkend wirken, und
- c) einen Typ, in dem keine kausalen Zusammenhänge auftreten.

Durch diese Methodologie wird es vielleicht möglich sein, bestimmte Teile der Geologie genauer zu behandeln als es bis jetzt mittels der traditionellen Ordnung des Materials in katalogisierende Schemas möglich gewesen ist.

Die Klassiker und die Romantiker unter den Geologen werden dabei wie ein Team von Gesprächspartnern auf der Subjektseite des Zwiegesprächs mit der Erde zusammenarbeiten können. Auf diese Weise wird es möglich sein, zu einer Synthese der zwei extremen Stellungnahmen zu kommen, welche PANNEKOEK (26) in der Geologie als Kunst oder als exakte Wissenschaft charakterisierte.

Nach dieser Betrachtung des subjektiven Aspekts der geologischen Arbeitsmethode werden wir jetzt unsere Aufmerksamkeit auf das Objekt, d. h. die Erde, lenken. Die Eigenart dieses Objektes bestimmt den Platz, den die Geologie unter ihren Schwesterwissenschaften einnimmt.

Wir deuteten schon darauf hin, daß die Physik und die Chemie Basiswissenschaften sind, die im bestimmten Sinne mit Abstraktionen wirken, nämlich mit isolierten Wirkungen zwischen reinen Stoffen in geschlossenen Systemen. Das Studienobjekt des Geologen, die Erde, war jedoch während Jahrmillionen und -milliarden ein „offenes System“ im Kosmos, in dem stets vielerlei Faktoren zusammentrafen, sich durchkreuzten und sich gegenseitig beeinflussten. Dadurch entstanden neue Möglichkeiten, die sog. e m e r g e n t e n (d. h. auftauchenden) E r s c h e i n u n g e n , die weder durch die Naturgesetze der Basiswissenschaften noch durch mathematisch logische Deduktionen vorherzusagen waren. Ein Beispiel hierfür ist die Frage, wie das Leben aus den chemischen Verbindungen in den ältesten, azoischen Ozeanen entstanden ist (10).

Auf Grund dieses Emergenzprinzips besitzen die Naturwissenschaften eine gewisse hierarchische Rangordnung, wobei die Gesetze und Regeln der einfacheren Zustände wohl für die komplizierteren Situationen gelten, die emergenten Eigenschaften der letzteren jedoch keine Anwendung bei den primitiveren finden.

So hat der biologische Stoffwechsel (mit seiner selektiven Aufnahme und Ausscheidung von Elementen) eigene Kennzeichen, die dafür sorgen, daß die Lebensprozesse anders verlaufen als chemische Reaktionen in einem Reagenzglas. Psychologische Prozesse, die den menschlichen Körper als Basis haben, zeigen an ihrer Stelle wieder emergente Eigenschaften im Vergleich mit den physiologischen Lebensprozessen. Andererseits dürfen die emergenten Prinzipien der Psychologie und der Physiologie nicht in jenen geologischen Prozessen angewandt werden, die in der Hierarchie der Ereignisse in einem niedrigeren Niveau verlaufen.

In der geologischen Berufssprache gebraucht man oft Ausdrücke aus der Biologie, der Medizin und aus der Psychologie. So spricht man z. B. von magmatischer „Abstammung“, von „konsanguinischen“ Magmenprovinzen, von Faltungen, „freudigkeit“. In der leblosen Natur kennt man ebenfalls Entstehung, Wachstum und Vergehen, z. B. bei den Kristallen, Mineralien und Gesteinen. Aber diese Erscheinungen bleiben in einem weit verzweigten Netz von kausalen Beziehungen, wobei geochemische Kreisläufe einander beeinflussen und sich in allerhand Formen und Dimensionen vollziehen (8, 9). Obleich die chemischen Gesetze auch für die lebende Natur gelten, haben wir bei dieser außerdem mit Erblichkeitsgesetzen und biologischen Verwandtschaften zu tun. Diese biologischen Prinzipien

dürfen selbstverständlich nicht im Ordnungsniveau der leblosen, geologischen Natur angewandt werden. Erstarrungsgesteine stammen z. B. nicht monophyletisch vom Muttermagma ab, vulkanische Gesteine haben keine Blutsverwandtschaft, und die Gesteine freuen sich nicht, wenn sie gefaltet werden.

Trotzdem haben diese Ausdrücke anregenden Wert, und es würde eine Verarmung der geologischen Berufssprache sein, wenn wir darauf verzichten müßten. Man darf deshalb diese Ausdrücke ohne Bedenken gebrauchen, vorausgesetzt daß man darauf achtet, diese Analogien nicht unstatthaft anzuwenden.

Die folgende hierarchische Anordnung der Naturwissenschaften würde auf Grund des Emergenzprinzips aufgestellt werden können:

Physik → Chemie → Geologie → Biologie → Psychologie (4).

Für den Geologen sind Physik und Chemie typische Basiswissenschaften, deren Naturgesetze auch für die Geologie gelten. In diesem Fach gibt es außerdem eine Anzahl allgemeiner Vorstellungen und Begriffe, die leider stark durch die Tradition durchsetzt sind (29), die sozusagen die typischen „Spielregeln“ seiner Wissenschaftsausübung sind. Diese grundlegenden Begriffe benützt der Geologe als Leitfaden bei der Deutung des verfügbaren Tatsachenmaterials. Hiebei wendet er die allgemeine Arbeitsmethode der Naturwissenschaften an, die wir schon am Anfang besprochen haben, nämlich den Weg der Induktion—Deduktion, ergänzt durch die Prognose-Diagnose-Methode. Aber viel mehr als in der Physik wie auch in der Chemie ist in der Geologie ein Hin- und Hergehen zwischen Induktion und Deduktion nötig, damit man die Grundbegriffe klären und schließlich zur bestmöglichen Lösung der Ereignisse kommen kann, die den heutigen Zustand geformt haben (6).

Da die Geologie nicht (oder noch nicht) über unveränderliche Postulate verfügt, die seine Wahrnehmungen erklären müssen, muß er eine so groß wie mögliche Anzahl Voraussetzungen auf ihre Gültigkeit prüfen. CHAMBERLIN (11) nannte dies die Methode der *mehrfachen Arbeitshypothese*.

Eine der grundlegenden geologischen Arbeitshypothesen ist der „Grundsatz der Aktualität“. Dieser besagt, daß dieselben Kräfte und Prozesse, die auch jetzt noch wirken, während der Ereignisse in der geologischen Vergangenheit tätig gewesen sind.

Dies ist wohl eine gute Arbeitshypothese für die nicht allzu weit entfernte Vergangenheit, aber dieses Prinzip darf nicht bis in die Unendlichkeit extrapoliert werden, weil man dann bei Ereignissen anlangt, die während der Entstehung unseres Planetensystems (die Kosmogonie) stattgefunden haben (4). DE ROEVER (28) beschrieb mineralogische Prozesse,

die sich vor einigen Jahrhundertmillionen unter ganz anderen Umständen abgespielt haben sollten. Die progressive Entwicklung der Erdkruste soll zur Folge haben, daß es in der fernen Vergangenheit noch keine Kontinente gegeben hat, und daß es in der fernen Zukunft keine mobilen Geosynklinalen mehr geben wird, in denen sich die gebirgsbildenden Prozesse abspielen könnten. BELOUSSOV (3) machte darauf aufmerksam, daß die Erdkruste nach ihrer Verfestigung durch gebirgsbildende Prozesse in eine vollkommen neue Evolution kommen wird, die er die Aktivierung der kontinentalen Plattformen nennt. Diese Entwicklung sollte schon in Zentralasien, in Südsibirien und in Afrika begonnen haben. Unser irdisches System geochemischer Prozesse ist nicht eine endlose Verflechtung immer wiederkehrender Kreisläufe, in dem, wie HUTTON es am Ende des 18. Jh. ausdrückte, „no vestige of a beginning, no prospect of an end“ zu entdecken ist. Es ist ein Teil einer kosmischen Evolution mit gerichtetem Ablauf (2. Hauptsatz der Thermodynamik).

Eine andere viel benützte Methode aus dem Zeughaus geologischer Arbeitshypothesen ist die „Methode der vergleichenden Ontologie“. Diese beruht auf der Ordnung des beobachteten Materials in typologische Reihen, in denen man nachträglich einen kausalen Zusammenhang sucht und auf die man logische Beweisführungen anwendet.

So klassifiziert man metamorphe (das heißt veränderte) Gesteine z. B. auf Grund von Mineralgruppierungen, die man darin findet. Man nimmt dabei an, daß diese Mineralgruppierungen (bei gleichbleibender durchschnittlicher chemischer Zusammensetzung) das Ergebnis von zunehmender Temperatur und von zunehmendem Druck sind, denen die Gesteine im Laufe der Zeit ausgesetzt worden sind.

Man glaubt, daß die verschiedenen Stufen der Metamorphose (Epi-, Meso-, Kata- und Ultrametamorphose), die man an der Oberfläche jetzt nebeneinander studieren kann, ursprünglich jedoch in der zonal gebauten Erdkruste untereinander gelegen waren. Eine andere Variante der Voraussetzung sagt, daß bestimmte Sedimente (durch Überlagerung von anderen) einem zunehmenden Druck und einer höheren Temperatur ausgesetzt und deshalb in zunehmendem Grade umgesetzt wurden.

Solche typologische Reihen kommen überall in der geologischen Begriffsbildung vor. Man unterscheidet z. B. verschiedene Arten vulkanischer Ausbrüche, von Gesteinen, von Fossilien, von Senkungsgebieten (d. h. von Geosynklinalen in allen Abstufungen), ferner die verschiedenen Arten der Hebunggebiete, der Kompressions- und Dehnungserscheinungen, usw.

BAKKER (1) wies im Zusammenhang mit einer Kritik auf DAVIS' erklärende Beschreibung von Landformen darauf hin, daß wir bei solchen

logisch gedeuteten Erörterungen typologischer Reihen im voraus wissen, was aus unserem Gedankengang herauskommen muß, nämlich die jetzigen Zustände und Vorfälle.

Es sind deswegen immer zurückwirkende Argumentationen, und es entsteht dabei die Gefahr, daß unsere Vorstellungen durch die Ausrichtung unseres Denkens zu subjektiv und zu einseitig werden. Das Bild, das man sich macht, ist im Grunde genommen eklektisch; es ist eine Auswahl aus unendlich vielen Möglichkeiten, die man auf Grund der begrenzt verfügbaren Kenntnis erstellen kann.

Eine Theorie braucht jedoch nicht richtig zu sein, wenn sie die untersuchte Erscheinung befriedigend erklärt. Geologische Ereignisse haben etwas mit Krankheitssymptomen gemein, und zwar das, daß sie verschiedene Ursachen haben können. Es ist die Kunst bzw. Aufgabe des diagnostizierenden Arztes, ein richtiges Bild der Krankheit und ihrer Ursachen zu erhalten. Auch der Geologe darf nicht beim Scheinbaren stehenbleiben. Bevor er zu einer verantworteten Deutung kommt, muß er viele Untersuchungen und Diagnosen gemacht haben, wobei er jedesmal von einer anderen Voraussetzung ausgehen muß. Das ist im Grunde genommen die Anwendung der Methode der mehrfachen Arbeits-hypothesen (11).

Die vergleichende ontologische Methode muß der Geologe trotz der genannten Bedenken wohl als Interpretationsmethode anwenden, weil das Tempo der geologischen Prozesse meistens um vieles langsamer ist als sein menschliches Zeitmaß. Er kann nur die Steine und ihre Strukturen, so wie sie jetzt wahrnehmbar sind, studieren und gegenseitig vergleichen. Mit anderen Worten, er muß „vergleichend ontologisch“ arbeiten.

Allerdings besitzt diese Methode einen Vorteil, den wir schon hervor-gehoben haben. Wenn man das beobachtete Material in richtiger (ver-antworteter) Weise in typologische Reihen geordnet hat, öffnet sich der Weg für eine genaue Beschreibung der geologischen Erscheinungen mit Hilfe von meßbaren Variablen, die in mathematisch formulierten Re-lationssystemen festgelegt werden können.

Abschließend wollen wir noch die Beziehungen der Geologie zu anderen Wissenschaften besprechen.

Früher gab es zwischen den verschiedenen Naturwissenschaften noch große brachliegende Gebiete, die eine Art „Niemandland“ bildeten, und man konnte diese undurchforschten Weiten mißbrauchen, um unkontrol-lierbare Schwierigkeiten loszuwerden. Diese Grenzgebiete sind besonders im 20. Jh. von den jungen Zweigen aus der Familie der Naturwissen-schaften ausgefüllt worden.

WERNER konnte noch im 18. Jh. die Entstehung der Granite in unbekannte Urzeiten verschieben, wo sie durch Auskristallisierung in Urzeitanen entstanden sein sollen. HUTTON hingegen suchte den Ursprung der Granite in unbekanntem Tiefen, wo sie aus hypothetischen Silikatschmelzen (Magmen) auskristallisiert sein sollten (31).

Heute spannen die Naturwissenschaftler ein viel engermaschigeres Netz, das nicht mehr so viele Freiheiten für willkürliche Hypothesen zuläßt. So wie die Deutung der geologischen Geschichte eines beschränkten Gebietes in den regionalen Rahmen passen muß, so soll auch das Bild, das die Schwesterwissenschaften von ihrem speziellen Studienobjekt entwerfen, harmonisch in ein koordiniertes naturwissenschaftliches Weltbild hineinpassen.

Die Entwicklungsgeschichte unseres Planeten hängt mit der Entstehung unseres Planetensystems zusammen, so daß die Kosmogonie den Abstand zwischen Astronomie und Geologie überbrückt (2, 4).

Das geologische Studium der Erdoberfläche schließt an die geophysikalischen Untersuchungen, welche auch die tieferen Erdteile streifen. Gerade durch die Entwicklung des geophysikalischen Instrumentariums und die damit gesammelten Daten über das Innere der Erde (30), kann das Substrat der Erdkruste von den Geologen immer weniger als „Hypothesenasyl“ mißbraucht werden.

Die moderne Chemie verschafft dem Geologen zahlreiche neue Einblicke und Untersuchungsmethoden, wie die absolute Zeitmessung mit Hilfe der natürlichen Radioaktivität, Einsicht in die Frequenzverteilungen der Elemente und ihrer Isotopen, in die mehrphasigen Gleichgewichtsbedingungen, in die Reaktions- und Diffusionsgeschwindigkeiten unter verschiedenen Temperatur- und Druckverhältnissen, in die kristallographischen Gitterstrukturen bei wechselnder Temperatur und geändertem Druck usw. Die Geochemie, die diese Ansichten auf irdische Verhältnisse anpaßt, bildet deshalb ein bedeutungsvolles Glied zwischen Chemie und Geologie.

Biologie, physische Geographie und Meteorologie sind Schwesternwissenschaften, wobei sich die Studienobjekte im allgemeinen mit Geschwindigkeiten verändern, die nicht stark vom menschlichen Entwicklungstempo abweichen. Durch die Einführung des Zeitfaktors in solche Größenordnungen, die kennzeichnend ist für die geologische Evolution, entstehen Erscheinungen, welche für die Grenzregionen der Geologie typisch sind. Diese Grenzgebiete werden durch die Paläontologie, die Paläogeographie und die Paläoklimatologie überbrückt.

Selbstverständlich ist es schwierig, das Netz der Beziehungen, das die Geologie mit ihren Schwesterwissenschaften verbindet, in einer Tafel zum Ausdruck zu bringen, ohne daß dabei andere Beziehungen, wie z. B. die mit den technischen Wissenschaften, vernachlässigt werden. Nebenstehende Figur ist nur ein Versuch, den gegenseitigen Zusammenhang der Geologie mit der Familie der Naturwissenschaften übersichtlich darzustellen (F i g u r 1).

Die Mathematik bildet in dieser Figur einen alles umfassenden Rahmen. Sie liefert die „Sprache“, durch die die natürlichen Erscheinungen exakt und quantitativ beschrieben werden können. Innerhalb dieses Rahmens befinden sich die Schwesterwissenschaften, die die wichtigsten Hilfswissenschaften der Geologie sind, während in der Mitte die theoretische und die angewandte Geologie stehen.

Aus der vorhergehenden Darstellung ersieht man, daß die Basiswissenschaften Physik und Chemie mit der Geologie nicht den Platz wechseln können. Es ist jedoch möglich, die Schwesterwissenschaften analoger hierarchischer Reihenordnung in die Mitte zu setzen, wobei dann *mutatis mutandis* andere Verbindungen in den Vordergrund treten. Außerdem hat jede Schwesterwissenschaft noch zahlreiche andere Beziehungen zu technischen, sozialen und ökonomischen Wissenschaften, zur Heilkunde und Pharmazie, usw. Aber die liegen buchstäblich und figürlich in einer anderen Ebene und sie fallen deshalb außerhalb des hier behandelten Gegenstandes.

Nach dieser kurzen, teils versuchsweise gemachten Betrachtung über die Art der Zwiesprache mit der Erde, sollte noch ein Blick auf die zukünftigen Möglichkeiten zum weiteren Ausbau der Geologie folgen. Mit WEGMANN (31) kann man drei Typen von Neubetrachtungen unterscheiden:

a) Man kann die bekannten Methoden und die gangbaren geologischen Begriffe auf neuen Beobachtungsgebieten anwenden, wobei zum Beispiel bemerkt werden kann, daß (mit Ausnahme detaillierter Untersuchungen von Gegenden auf dem Festlande) seit kurzem auch die geologische und geophysische Untersuchung des Untergrundes der Ozeane und der Polargebiete einen mächtigen Aufschwung genommen hat.

b) Man kann die verfügbaren Daten nach neuen Ansichten ordnen, wodurch wiederum andere Beziehungen deutlich werden. So führte REYNOLDS (27) vor kurzem den technologischen Begriff „Fluidization“ in der Petrologie ein. Dieser Begriff umfaßt das bis jetzt vernachlässigte Gebiet geologischer Systeme, die aus festen und gasförmigen Komponenten bestehen. Die Anwendung der Gesetze der Hydrostatik und der Hydrodynamik in der Geotektonik läßt eine allgemeinere

Formulierung der Veränderungen der Spannungsfelder zu, die mit der beschränkten Lehre der Isostatik nicht so leicht möglich ist (Gravitations-tektonik im weitesten Sinne [7, 10a]). Das Prinzip der geochemischen Kontrolle tektonischer Prozesse kann auf unser Verständnis über die Entwicklung der Erdkruste aufklärend wirken (8, 9).

c) Ferner kann die technische Entwicklung der Untersuchungsmittel neue Beobachtungsbereiche aufschließen. Man denke dabei an die neue mikroskopische und elektronenmikroskopische Beobachtungstechnik, die Verbesserung der geophysischen Instrumente, die photographische Luftkartierung und die modernen ozeanographischen Untersuchungen, die Möglichkeit, Gesteinsbildungen und chemische Gleichgewichte experimentell bei sehr hohen Druck- und Temperaturverhältnissen zu untersuchen, usw.

Die Geologie hat somit noch ein gewaltiges Arbeitsfeld vor sich, und man kann erwarten, daß die stürmische Entwicklung des vergangenen Jahrhunderts noch längere Zeit anhalten wird.

Literatur:

1. Bakker, J. P., 1947: „Naar nieuwe wegen in de analyse van reliefvormen van het aardoppervlak“. Inauguralrede Amsterdam, 17 Februari 1947.
2. Bates, D. R. and others, 1957: „The Planet Earth“. Pergamon Press, London.
3. Belousov, V. V., 1958: „Some factors governing the development of the earth's crust“. Endeavour, 17, 68, 173—180, Oct. 1958.
4. Bemmelen, R. W. van, 1948: „Cosmogony and geochemistry“. Proc. 18th Int. Geol. Congr. Great Britain, Part II, 9—21.
5. — 1952 a: „Geologie en Economie“. Inauguralrede Utrecht, 4 Febr. 1952. Verlag Nyhoff, den Haag.
6. — 1952 b: „Prognose en Diagnose in de Geologie“. Geologie en Mijnbouw, 14, 12, 401—409, Dec. 1952.
7. — 1955: „Tectogenèse par gravité“. Bull. Soc. belge de géologie, 64, 1, 95—123, Bruxelles 1955.
8. — 1956: „The geochemical control of tectonic activity“. Geologie en Mijnbouw, 18, 4, 131—144, April 1956.
9. — 1958 a: „Geochemically generated flow-circuits in the silicate mantle“. Geologie en Mijnbouw, 20, 1, 1—17, Jan. 1958.
10. — 1958 b: „Een geologische opmerking over de oorsprong van het leven“. Wetenschap en Samenleving, 12, 5, 62, Mei 1958.
- 10 a. — 1960: Zur Mechanik der ostalpinen Deckenbildung. Geol. Rdsch. (in Druck).
11. Chamberlin, T. C., 1897 en 1931: „The Method of multiple working hypotheses“. Journ. Geol. 5, 837—848 en 39, 155—165.
12. Cloos, H., 1949: „Gespräch mit der Erde“. R. Pieper & Co. Verlag, München.
- 12 a. Dijksterhuis, E. J. 1958: „Eenheid en verscheidenheid in de Wetenschap“. Universiteit en Hogeschool, 5, 2, Dec. 1958, 49—61.
13. Freudenthal, H., 1958: „Kritiek op de zogenaamde eerste hoofdwet van de biologie, de onmogelijkheid der generatio spontanea“. Wetenschap en Samenleving, 12, 5, 49—54, Mei 1958.
14. Gignoux, M., 1948. „Méditations sur la tectonique d'écoulement par gravité“. Travaux lab. de géol. de l'Univ. de Grenoble, 27, p. 34.
15. — 1949: „L'exercice du métier de géologie“. Annales Hébert et Haug; lab. de géol. de l'Univ. de Paris, 7, 185—200.

16. Glangeaud, L., 1949: „Epistémologie des sciences naturelles et structure du réel“. Extr. 15 congr. int. de philosophie des sciences, Paris, 1949, vol. I, 127—139.
17. Goguel, J., 1951: „La géologie, science naturelle ou science physique?“. Congr. Int. Philos. Sc. VII, Science de la terre, Paris, Hermann 1951, p. 7.
18. Haarmann, E., 1935: „Um das geologische Weltbild: Mente et Malleo“. Ferd. Enke Verlag, Stuttgart.
19. Hempel, C. G. en P. Oppenheim, 1936: „Der Typus-Begriff im Lichte der neuen Logik“. Verlag Sijthoff, Leiden.
20. Hubbert, M. K., 1937: „Theory of scale models applied to the study of geologic structures“. Bull. Géol. Soc. Amer. **48**, 1459—1520.
21. Huizinga, J. 1929: „Culturhistorische verkenningen“. Verlag Tjeenk Willink, Haarlem.
22. Kuenen, Ph. H. 1958: „Experiments in geology“. Trans Geol. Soc. Glasgow, **23**, 1958, 28 S.
23. Link, W. K., 1954: „Robot Geology“. Bull. Am. Ass. Petr. Geol., **38**, p. 2411.
24. Melton, M. A., 1958: „Correlation structure of morphometric properties of drainage basins and their controlling agents“. Journ. Geol., **66**, 4, 442—460, July 1958.
25. Ostwald, W., 1910: „Große Männer“. Akad. Verlagsges. Leipzig.
26. Pannekoek, A. J., 1956: „Geologie als Wetenschap en als Kunst“. Inauguralrede Leiden, 3 Febr. 1956.
27. Reynolds, D. L., 1954: „Fluidization as a geological process“. Amer. J. Sci., **252**, 577—614.
28. Roeber, W. P., 1956: „Some difference between post-paleozoic and old regional metamorphism“. Geologie en Mijnbouw, **18**, 4, 123—127, April 1956.
29. Rutten, Sr., L. R. M., 1930: „Over mode, traagheid en autoriteit in de geologie“. Jaarb. v. d. Mijnbouwkundige Vereniging te Delft 1929—1930, 175—201.
30. Scholte, J. G. J., 1958: „Methoden van de geophysica“. Inauguralrede Utrecht, 20 Oct. 1958.
31. Wegmann, E., 1958: „Das Erbe Werner's und Hutton's“. Geologie I, 3/6, 531—559.
32. Wright, C. W., 1958: „Order and disorder in nature“. Proc. Geol. Assoc., **69**, 2, 1958, 77—82.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 20. September 1959.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: [Austrian Journal of Earth Sciences](#)

Jahr/Year: 1960

Band/Volume: [53](#)

Autor(en)/Author(s): Bemmelen Reinout Willem van

Artikel/Article: [Die Methode in der Geologie. 35-52](#)