

erschienen in: Z. d. dt. geol. Gesellschaft 152 (2001), S. 129 - 141.

Zur methodologischen Struktur des Aktualismusprinzips

RUDOLF KÖTTER*

Zusammenfassung: Im ersten Teil des Aufsatzes wird das Aktualismus-Prinzip in seinen verschiedenen Lehrbuch-Versionen vorgestellt, wobei gezeigt wird, dass die Schwierigkeiten im Gebrauch des Prinzips meist aus einer Verwechslung methodischer und empirischer Ansprüche herrühren. Nur eine strikt methodologische Interpretation wird den Intentionen von HUTTON und LYELL gerecht, welche das Prinzip als eine der ersten vertreten haben. In ihren Augen gehörte es zu den wesentlichen Aufgaben des Prinzips, ad-hoc-Erklärungen, insbesondere solche vom Katastrophen-Typ, abzuwehren, welche nicht mit anderen Elementen unserer Erfahrung in Verbindung gebracht werden können und deshalb als wissenschaftlich unfruchtbar gelten müssen. Um jedoch wissenschaftliche Produktivität sicherzustellen, müssen geohistorische Erklärungen nicht notwendig im Horizont aktueller Ereignisse gegeben werden, es genügt, dass sie im Horizont unseres aktuellen Wissens erfolgen. Dies bedeutet, dass geohistorische Erklärungen nicht nur im Einklang mit den Naturgesetzen stehen, sondern auch einer generellen Konsistenzforderung genügen müssen, d.h. die zu geohistorische Erklärungen jeweils heran zu ziehenden Gründe dürfen sich in ihrer Gesamtheit nicht widersprechen. Die vom Autor vorgeschlagene Neufassung des Aktualitätsprinzips berücksichtigt im übrigen, dass in der Geologie historische Erklärungen immer auf einem möglichst konkreten Darstellungsniveau gegeben werden müssen.

[On the methodological structure of the principle of actualism]

Abstract: In the first part of the article the principle of actualism will be introduced in its different textbook-versions. It is argued that most of the difficulties that arise in using the principle are due to a confusion of empirical and methodological claims. There is only the methodological interpretation which will meet the intentions of its first propagators, Hutton and Lyell. In their opinion the principle's main task is to avoid ad-hoc-explanations, especially such as those appealing to catastrophies, which cannot be connected with other elements of our experience and hence cannot be regarded as scientifically fruitful.

However, to ensure scientific fruitfulness, geohistorical explanations do not necessarily have to be framed in a context of actual events. It is enough for them to be based on current knowledge, i.e. to be in accord with both the laws of nature and a general demand for consistency. On the new interpretation of the principle of actualism proposed by the author, historical explanations in geology also have to be formulated as concrete as possible.

1. Einleitung

Die Geologie kennt sicher aktuellere Probleme als die Frage nach dem Status des aktualistischen Prinzips. Diesen Eindruck muß man zumindest bei einer flüchtigen Durchsicht der Literatur gewinnen, in der der grundlegende Status des Prinzips fast ausnahmslos und ohne größere Vorbehalte anerkannt wird. Eigentlich könnte man dies als gutes Zeichen werten, denn Einigkeit in methodologischen Fragen lässt vermuten, dass eine Wissenschaft erfolgreich und sicher agiert und ihre Probleme jedenfalls keine krisenhaften Implikationen aufwerfen.

Der erste positive Eindruck wird bei näherem Hinsehen allerdings dadurch getrübt, dass man sich nur hinsichtlich der Verwendung einer metaphorischen Fassung des Prinzips („Gegenwart als Schlüssel zur Vergangenheit“) wirklich einig ist, wohingegen die erläuternden Ausführungen zu diesem Prinzip je nach Autor doch recht unterschiedlich ausfallen. Es besteht also der Verdacht, dass der formelhafte Gebrauch des Prinzips eher die Folge langer Gewöhnung als einer gründlichen Methodendiskussion ist.

Im Folgenden soll zunächst dieser Verdacht durch die Analyse einiger Standardformulierungen des Prinzips aus gängigen Lehrbüchern erhärtet werden. Dabei wird sich zeigen, dass sich hinter der griffigen Formel doch einige ernste methodologische Probleme verbergen. Anschließend wird ein Vorschlag zur Präzisierung des Prinzips unterbreitet, der dessen Status für die Geowissenschaften besser erkennen lassen soll.

2. Aktualismus und Aktualismusprinzip in der Geologie

2.1. Der Aktualismus als realistisch-empirisches Prinzip – einige Beispiele aus der Literatur

Wenn man sich über die faktische und allgemein verbreiteten Einstellung von Wissenschaftlern zu den methodologischen Fragen ihrer Disziplin informieren möchte, dann sollte man zumindest beim ersten Zugriff keine einschlägigen Spezialveröffentlichungen zu Rate ziehen. Diese mögen zwar wissenschaftstheoretisch anspruchsvoll sein, sind aber gerade deshalb nicht repräsentativ für den Erkenntnisstand des typischen Fachwissenschaftlers. Besser geeignet sind Standard-Lehrbücher und Fachmonographien, die sich in erster Linie an den Kollegen und den Nachwuchs des Faches richten und deshalb auch bei methodologischen Erörterungen versuchen, den üblichen Argumentationsstil und das Reflexionsniveau der Disziplin zu treffen. Aus diesem Grunde sei zunächst an einigen Beispielen aus der Lehrbuch-Literatur demonstriert, was in den Geowissenschaften unter „Aktualismus“ verstanden wird und welche Formulierungen das Aktualismusprinzip erfährt.

H. MURAWSKI, Geologisches Wörterbuch (1992: 5):

Aktualismus: Wichtigste Gedankengrundlage zur Interpretation geologischer Erscheinungsbilder. Als Grundlage gilt die Annahme, dass Kräfte und Erscheinungen der geologischen Vorzeit mit den heute zu beobachtenden gleichartig sind, so dass unmittelbare Rückschlüsse vom beobachtbaren Erscheinungsbild zu den früheren Bildungsabläufen möglich werden.

BRINKMANN, Abriß der Geologie, 1. Band: Allgemeine Geologie (1975: 3):

Schlüssel zur Entzifferung der steinernen Urkunden liefert uns der *Aktualismus*. Diese für alle geologische Forschung grundlegende Theorie geht von der steten Gültigkeit der physikalischen, chemischen und biologischen Gesetze aus und behauptet, dass die geologischen Vorgänge früherer Erdperioden in ähnlicher Weise wie heute stattgefunden haben.

(ebd.: 42):

Er [der Aktualismus] bildet die fundamentale Theorie der Geologie, denn alle geologische Erfahrung baut auf der Beobachtung des Gegenwärtigen auf. Zugleich muß aber jede tiefergehende Forschung diesen Grundsatz in Frage stellen, seine Anwendbarkeit prüfen und seine Grenzen erneut abstecken.

PRESS & SIEVER, Allgemeine Geologie (1995: 13f.):

Ein Grundprinzip der Geologie, das im 18. Jahrhundert von dem schottischen Arzt und Geologen James Hutton eingeführt wurde, besagt, dass die Gegenwart der Schlüssel zur Vergangenheit ist. Dieses wesentliche Arbeitsprinzip der Geologie wird heute mit dem Begriff *Aktualismus* (im engl. Original *Uniformitarianism*) belegt. Diesem Prinzip zufolge haben geologische Prozesse, wie sie derzeit ablaufen und die Oberfläche der Erde verändern, in vergleichbarer Weise in der geologischen Vergangenheit gewirkt.

(ebd.: 21):

Aktualismus: Geologen sind der Ansicht, dass sich die Prozesse, die die Erde gestalten, im Laufe der Erdgeschichte nicht verändert haben. Deshalb liegt der Schlüssel zum Verständnis der Vergangenheit in der Beobachtung heute ablaufender Prozesse.

STANLEY, Historische Geologie (1994: 2):

Generell läßt sich das Prinzip des Aktualismus in dem einen Satz zusammenfassen: „Die Gegenwart ist der Schlüssel zur Vergangenheit“. Obgleich man allgemein der Ansicht ist, dass die Naturgesetze im Laufe geologischer Zeiten unverändert geblieben sind, haben sich doch nicht alle Ereignisse der Vergangenheit in der Gegenwart wiederholt.

Die zuletzt zitierte Bestimmung erläutert STANLEY am Beispiel der Hypothese vom Einschlag eines Meteoritens vor 65 Mill. Jahre, der zum Aussterben der Dinosaurier geführt haben könnte, wobei er anschließend feststellt:

...da wir aber die Folgen eines solchen Geschehens heute nicht beobachten können, macht es Schwierigkeiten, diese Vorstellung zu beweisen. Anders ausgedrückt: in diesem Falle läßt sich das Prinzip des Aktualismus nicht anwenden (ebd.)

BAHLBURG & BREITKREUZ, Grundlagen der Geologie (1998: 3):

Die [aus geologischen Untersuchungen] gewonnenen Daten interpretieren wir nach dem Prinzip des Aktualismus. Es geht davon aus, dass die uns heute bekannten naturwissenschaftlichen Gesetze auch den Vorgängen in der Erdgeschichte zugrunde lagen. Da wir jedoch nicht davon ausgehen können, dass die heute auf der Erde registrierten Prozesse und Situationen die Gesamtheit aller in der Erdgeschichte realisierten oder zumindest möglichen Vorgänge repräsentieren, muß jede geologische Forschung die Gültigkeit und die Grenzen des aktualistischen Prinzips von neuem prüfen.

Wenn wir diese Formulierungen unter wissenschaftstheoretischer Perspektive betrachten, dann fallen zwei Punkte als besonders problematisch auf: Zunächst ist nicht deutlich auszumachen, auf was sich der Anspruch des Prinzips eigentlich beziehen soll. Als in der Zeit gleichbleibend werden nämlich genannt:

- Physikalische, chemische und biologische Gesetze (Naturgesetze),
- Geologische Vorgänge, Ereignisse und Situationen,
- Geologische Prozesse,
- Kräfte und Erscheinungen.

Ob diese Begriffe unterschiedliche Bereiche terminologisch bestimmen und gegen einander abgrenzen oder ob sie nur Elemente einer umgangssprachlich lockeren Aufzählung bilden sollen, bleibt jeweils offen. Das zweite Problem liegt darin, dass in den zitierten Aussagen methodologische Behauptungen auf undurchsichtige Weise mit empirischen Behauptungen vermengt erscheinen. So wird sowohl etwas über den Geltungsanspruch von Gesetzen im allgemeinen ausgesagt, als auch über das zeitliche Auftreten von Ereignissen und Prozessen. Aussagen der ersteren Art, die selbst wieder Aussagen zum Gegenstand haben, werden „Meta-Aussagen“ genannt. Die Forderung, dass der mit Naturgesetzen verbundene unbeschränkte zeitliche Geltungsanspruch in den Geowissenschaften *nicht* zur Diskussion gestellt werden soll, ist insbesondere eine *methodologische* Meta-Aussage. Solche methodologischen Aussagen legen fest, was in einer Disziplin als Argument gelten darf und welche Reichweite ihm zukommt; sie lassen sich zwar nicht wie empirische Sätze falsifizieren, können sich wohl aber als *unfruchtbar* erweisen und dann ihre wissenschaftliche Orientierungsfunktion verlieren. Diese Verbots-Komponente des aktualistischen Prinzips kann man als relativ harmlos ansehen, nicht zuletzt weil schon faktisch keine Anhaltspunkte dafür zu erkennen sind, dass mittels geologischer Forschungsergebnisse physikalische oder chemische Gesetze falsifiziert werden sollen.

Problematischer ist dagegen die Behauptungs-Komponente des aktualistischen Prinzips, die nicht Aussagen (Gesetze), sondern Ereignisse oder Prozesse selbst betrifft und somit eine „Objekt-Aussage“ darstellt. Die Behauptung, dass sich heute beobachtbare Vorgänge schon immer in ähnlicher Weise *ereignet haben*, hat streng genommen empirischen Charakter. Allerdings besitzt diese Aussage in den Geowissenschaften einen eigentümlichen Status, wie schon das Wort „Prinzip“ andeutet: Einerseits wird die Behauptung, dass Erscheinungen der geologischen Vorzeit mit den heute zu beobachtenden gleichartig seien, als äußerst abstrakt und damit hierarchisch über Hypothesen etwa zur Entstehung des Rheingraben oder des fränkischen Schichtstufenlandes stehend, angesehen. Auf der anderen Seite soll der Satz auch in seiner abstrakten Fassung noch einen empirischen Restgehalt behalten und nicht zum Dogma erhoben werden. Deshalb versichern einige Autoren, dass auch das Aktualitätsprinzip Grenzen, und zwar empirische Grenzen, haben muß: „... jede geologische Forschung [muß] Gültigkeit und Grenzen des aktualistischen Prinzips von neuem prüfen.“ (BAHLBURG & BREITKREUZ, siehe oben, und die entsprechende Formulierung bei BRINKMANN, siehe oben). Damit steht man aber vor einem echten Dilemma: Wenn geologische Befunde erst durch eine aktualistische Interpretation in ihrer geohistorischen Dimension erschlossen werden und dadurch alle geologische Forschung auf dem aktualistischen Prinzip aufbaut, wie soll dann dieses Prinzip selbst durch eben diese Forschung überprüft werden können, ohne dass man in einen Zirkel gerät? Sicher mag es sein, dass man auf Befunde stößt, die sich nicht durch Vorgänge erklären lassen, welche im Ereignishorizont gegenwärtiger Forschung verortet sind. Aber ein solcher Fall allein markiert noch keine Grenze, vielmehr könnte man auch der Devise folgen: „warte ab, ob eines (vielleicht fernen) Tages sich ein Vorgang zeigen wird, der zur Deutung herangezogen werden kann!“. Der strenge Aktualist hätte dann allerdings die Konsequenz zu tragen, dass der Gang der Forschung gelegentlich etwas stockend verlaufen würde.

Dies ist übrigens genau die Situation, mit der sich STANLEY wegen seiner unglücklichen Formulierung des Prinzips auseinander setzen muss. Streng genommen besagt ja das Prinzip in der von ihm zunächst vorgetragenen formelhaften Fassung, dass ein Meteoriteneinschlag mit entsprechenden Folgen nicht angenommen werden darf, weil wir in historischer Zeit keine Erfahrungen mit ähnlichen Ereignissen gemacht haben. Diese Konsequenz erscheint ihm allerdings nicht tragbar zu sein und deshalb markiert er hier ad hoc eine *Anwendungsgrenze* für das aktualistische Prinzip, wobei er offen lässt, aus welchen anderen „Prinzipien“ sich der Verlauf der Grenzziehung ergeben könnte und mit welchen man jenseits dieser Grenzen weiterarbeiten sollte. Wir sehen also: Die Deutung des aktualistischen Prinzips in einem strengen, empiristisch-induktivistischen Sinne verführt entweder zu zirkelhaftem Vorgehen oder zwingt zu ad-hoc-Annahmen, beides für die Wissenschaft höchst unerwünschte Argumentationsweisen – darauf haben auch GOULD (1965), SHEA (1982), VALSANGIACOMO (1998) und ausführlich ONCKEN (1995) hingewiesen. Eine befriedigende Fassung des aktualistischen Prinzips muss also zumindest verhindern, dass man vor diese unglückliche Alternative gestellt wird.

2.2. Der Aktualismus als methodologisches Prinzip

Am Beginn der Suche nach einer befriedigenderen Fassung des Prinzips muss die Frage stehen, was eigentlich die methodologische Aufgabe des aktualistischen Prinzips sein soll, d.h. welche Argumentationsformen sollen dadurch als *zulässig* erklärt, welche als unwissenschaftlich oder zumindest als nicht-geologisch *verworfen* werden? Gerade die

schillernden und schwankenden Darstellungen des Prinzips in den modernen Lehrbüchern lassen eine klare Antwort nicht recht erkennen. Es liegt deshalb nahe, zu den Anfängen dieser Tradition zurück zu blicken, in der Hoffnung, wenigstens hier näheren Aufschluss zu erhalten. Der Sache, wenn auch nicht dem Wort nach wurde das aktualistische Prinzip zunächst von HUTTON und etwas später von LYELL in die Geologie eingeführt (zur Geschichte des aktualistischen Prinzips bei LYELL und VON HOFF siehe HOFBAUER 2000). Beide Wissenschaftler waren wiederum stark durch die in Großbritannien verbreiteten Philosophie des *common sense* geprägt, in der auf eklektische Weise Elemente des erkenntnistheoretischen Empirismus und der Wissenschaftsphilosophie NEWTONS mit theologischen Annahmen zusammengebracht worden sind.

In dieser erkenntnistheoretischen Tradition stehend wollten HUTTON und LYELL mit einem (heute so genannten) aktualistischen Prinzip zweierlei erreichen. Zum einen sollten dadurch, *ad-hoc*-Erklärungen abgewehrt werden, die entweder für das Entstehen bestimmter geologischer Phänomene Ereignisse verantwortlich machten, welche selbst schlechterdings unerklärlich sind oder die geohistorische Bildungsprozesse in eine relativ zu unserer Zeit ganz anders verfassten Urzeit projizierten. Solche „Katastrophen“-Erklärungen sind in soweit unbefriedigend, als sie mangels empirischer Prüfsteine entweder zu einem Abbruch in der Argumentation führen oder aber das Feld für unkontrollierte Spekulationen eröffnen (Einzelheiten bei HOFBAUER 2000).

Zum anderen sollte im positiven Sinne eine Induktionsbasis für geohistorische Erklärungen gelegt werden. Diese mußte nach den Grundsätzen der damals herrschenden britischen Wissenschaftsphilosophie aus Vorgängen gebildet werden, für die sowohl die Bedingungen ihres Auftretens wie auch ihre unmittelbaren Folgen bekannt und *empirisch gesichert* sind. Unter dieser methodologischen Vorgabe ist es zwar *naheliegend*, die Kandidaten für Erklärungen unter solchen Phänomenen zu suchen, die sich auch aktuell beobachten lassen und damit im Ereignishorizont eines Forschers bzw. einer Forschergemeinschaft liegen, *logisch zwingend* ist die Einbettung der Induktionsbasis in den Ereignishorizont aber auf keinen Fall. Wer dies anders als in einem heuristischen Sinne (etwa dem Prinzip der Einfachheit folgend, vgl. ONCKEN 1995) fordert, verficht eine unangemessen enge Interpretation des aktualistischen Prinzips, welche zu den fatalen Problemen führt, die oben in der Diskussion von STANLEYS Vorschlag schon angesprochen worden sind.

Nach einer liberaleren Interpretation wäre es dagegen auch zulässig, neben unmittelbar beobachtbaren Ereignissen auch solche als Erklärungsgründe einzusetzen, die nach *empirisch abgesicherten Theorien zumindest möglich* sind. Faktisch sind HUTTON und LYELL in ihrer geologische Erklärungsarbeit dem letzteren Weg gefolgt, und haben sich damit zufrieden gegeben, dass die historisch als wirkend angenommenen Ereignisse und Prozesse immer nur der *Art nach* gleich sind zu den „causes now in operation“. Letztere dürfen zu Erklärungszwecken z.B. auch mit einander kombiniert und über sehr lange Zeiträume laufend angenommen werden. So hat FRITSCHER (1990) gezeigt, dass schon Huttons Vorstellungen zur Erklärung vulkanischer Tätigkeiten nicht rein phänomenologisch verstanden werden können, sondern sich im Kontext dessen bewegten, was zur damaligen Zeit als naturwissenschaftlich möglich angenommen werden durfte (FRITSCHER 1990: 31 ff spricht in diesem Zusammenhang von einem „konstruktiven Aktualismus“). In einer gründlichen Studie zum methodologischen Ansatz von LYELL hat CAMARDI (1999) herausgearbeitet, wo LYELL einem engen Empirismus gefolgt ist und wo er doch darüber hinaus gehen musste, um eine produktive geohistorische Forschung zu ermöglichen.

Die implizit in der geowissenschaftlichen Forschungsarbeit in Anspruch genommene Form des Aktualismus lässt sich also schon in ihrer Anfangsphase nicht generell auf die empirische Behauptung reduzieren, die Erde befände sich schon immer in einem stationären Zustand, in dem die Verhältnisse früherer Zeitabschnitte den heutigen in geologischer und klimatischer Hinsicht gleichen. Von einer solchen *empirischen* Behauptung lässt sich klar die *methodologische* Forderung trennen, welche besagt, dass ein erklärungsbedürftiges geologisches Phänomen nur dann „gut“ erklärt ist, wenn es als Produkt von Ereignissen und Prozessen dargestellt werden kann, die man *kennt und in ihrer Wirkungsweise verstanden hat*. Wie wir gesehen haben, hat es schon immer gewisse Schwierigkeiten bereitet, gerade diesen methodologischen Charakter des aktualistischen Prinzips treffend in eine explizite Formulierung zu bringen und HOOYKAAS (1970) hat dargelegt, dass insbesondere LYELL in seinem Anliegen schon von Zeitgenossen (z.B. SEDGWICK) missverstanden wurde, indem sie seine Methodologie als empirischen Anspruch umdeuteten.

Nun lassen sich allerdings auch gegen eine liberale Interpretation des aktualistischen Prinzips methodologische Einwände vorbringen. Wenn darauf verzichtet wird, dass die Kombinationen elementarer Ereignisse und Prozesse in ihren zeitlichen Verläufen und in ihren Wechselwirkungen selbst wieder aktuell erfassbar sein müssen - wird dann nicht doch der Spekulation eine Hintertüre geöffnet? Diesen Bedenken ist entgegenzuhalten, dass jeder Versuch, erdgeschichtliche Abläufe zu rekonstruieren, sich zwei harten, ausgesprochen spekulationsfeindlichen Bedingungen beugen muss. Zum einen müssen historische Rekonstruktionsversuche sich in ihrer *Gesamtheit* als konsistent erweisen: Gibt es zu verschiedenen Phänomenen unterschiedliche Erklärungsansätze, so dürfen nur solche ernsthaft in Betracht gezogen werden, die auch miteinander verträglich sind. Wie scharf diese Forderung die Auswahl von Erklärungsansätzen beschränkt, kann man z.B. gut an der Arbeit von ONCKEN (1982, insbes. Kap. VII) sehen, der bei der Diskussion verschiedener Modelle zur tektonischen Entwicklung des Ebbesattels ausführlich von dem Konsistenz-Argument Gebrauch macht. Zum anderen muss jeder postulierte historische Verlauf nach den Gesetzen von Physik und Chemie *möglich* sein, d.h. er muss sich mit den Mitteln der experimentellen Naturwissenschaften erklären lassen bzw. darf deren Ergebnissen zumindest nicht entgegenstehen. Diese Unterwerfung der Naturgeschichtsschreibung unter die Gesetze der experimentellen Naturwissenschaften ist nicht nur ein wissenschaftsgeschichtliches Faktum, es gibt auch gute methodologische Gründe dafür, auf die wenigstens kurz am Beispiel der Physik eingegangen werden soll (für die Chemie gelten entsprechende Überlegungen). Physikalische Gesetze sind *abstrakte Darstellungen* von Sachverhalten, die nur solche Beschreibungsmerkmale enthalten, welche sich allein durch physikalische Größen bzw. deren Kombination repräsentieren lassen. D.h. *Gegenstände*, die durch die gleichen Größen repräsentiert werden, können der Art nach nicht physikalisch unterschieden werden; entsprechendes gilt für *Zustände*, die durch das gleiche n-Tupel von Größen oder schließlich von *Gesetzen*, die durch mathematisch gleichwertige Ausdrücke (äquivalente Terme) repräsentiert werden. So behandelt z.B. die Punkt-Mechanik Körper nur als Träger von Masse, alle anderen Unterscheidungsmerkmale geometrischer oder stofflicher Art sind ausgelöscht.

Der mit der Formulierung eines physikalischen Gesetzes verbundene Geltungsanspruch lautet, dass jede *zulässige Konkretisierung* der abstrakten Gesetzesdarstellung (also jeder konkret beschriebene Anwendungsfall) den behaupteten Zusammenhang in den Wertverläufen der physikalischen Größen aufweisen muss. Aus der Logik der Allsätze ergibt sich, dass derjenige, der das Gesetz überprüfen will, bis auf die Einschränkung der Zulässigkeit freie

Hand hat in der Auswahl des konkreten Falles. Deshalb wird man ein Gesetz immer mittels einer apparativen Vorrichtung überprüfen, die so in ein technisches Umfeld (Labor) eingebaut ist, dass man Zugriff auf *alle mögliche Störungsquellen* hat und damit über die Kontrolle aller relevanter *Randbedingungen* verfügt. Eine solche Einrichtung ist ein *Experiment im strengen Sinne*. Systeme so zu präparieren, dass eine reproduzierbare Einstellung von Rand- und Anfangsbedingungen gelingt, ist in der freien Natur schlecht möglich, nur im Labor hat man dazu die technischen Möglichkeiten. Da aber für die Rolle, die dem Experiment im Rahmen einer physikalischen Argumentation zukommt, gerade die *technische Kontrolle* der Randbedingungen von entscheidender Bedeutung ist, können Naturbeobachtungen allein - und seien sie mit noch so großem technischen Aufwand angestellt worden - kein schlagendes Argument für oder gegen ein physikalisches Gesetz¹ abgeben.

In Geologie und Geophysik spricht man auch von Experimenten, aber soweit es sich dabei um Versuche handelt, die in der Natur vorgenommen werden (z.B. Tiefbohrungen, seismische Versuche), unterscheiden sich diese von den Experimenten der Physik in einem entscheidenden Punkt: Wegen der mangelnden Kontrolle der Randbedingungen kann hier ein positiver Ausgang zwar als *Bestätigung* für eine Behauptung genommen werden, ein negativer Ausgang jedoch nicht ohne weiteres als *Falsifikation*, da nicht ausgeschlossen werden kann, dass das Ergebnis durch störende Effekte verursacht worden ist, die zu beseitigen in der Regel nicht in der Macht des Versuchsleiters steht. Da ein starkes Argument nie durch ein schwächeres zurückgewiesen werden kann, folgt schon aus argumentationstheoretischen Gründen, dass Naturgesetze einen Rahmen bilden, der durch deskriptive und naturgeschichtliche Forschung inhaltlich gefüllt, aber nicht verrückt werden kann. Als Resümee der vorgehenden Überlegungen sei als erste Formulierung des aktualistischen Prinzips folgender Vorschlag unterbreitet:

Geologische Erklärungen müssen sich im Einklang mit den bekannten Naturgesetzen befinden und dürfen vergangene Ereignisse und Prozesse nur dann als ursächlich für überlieferte Erscheinungsbilder postulieren, wenn diese Ereignisse und Prozesse (a) als ähnlich zu solchen angenommen werden können, die in ihrer Wirkungsweise empirisch aufgeklärt sind und

(b) sie einer allgemeinen Konsistenzforderung genügen.

Damit gehören geologische Erklärungen in den je aktuellen Wissenshorizont und nicht unbedingt in den je aktuellen Ereignishorizont.

Mit dieser Fassung wird allein der Status geologischer Erklärungen festgelegt und jede empirische Spekulation vermieden. Ihr folgend wird man z.B. die Beantwortung der Frage, ob man einen Meteoriteneinschlag für das Artensterben am Ende der Kreidezeit verantwortlich machen kann, nicht von dem empirischen Umstand abhängig machen, ob man aus *historischer Zeit* Zeugnisse über entsprechende Vorgänge beibringen kann oder nicht, sondern allein von unserem aus vielen Quellen gespeisten Wissen um die Möglichkeit und

¹Wenn man davon spricht, dass physikalische Gesetze durch Experimente überprüft werden müssen, ist zu berücksichtigen, dass der Gesetzesbegriff in der Physik nicht einheitlich ist. So haben manche Gesetze fundamentalen Charakter und gehören zum harten Kern eines disziplinären Forschungsprogramms (so gehört etwa das Gravitationsgesetz zum harten Kern der Mechanik); daneben gibt es aber auch Gesetze, welche sich aus der *Anwendung* der fundamentalen Gesetze ergeben (in der Mechanik bilden z.B. die Keplerschen Gesetze einen solchen Fall). Das Gebot der Überprüfung durch das Experiment im strengen Sinne gilt nur für die fundamentalen Gesetze *unbedingt*, bei den Anwendungsfällen können Experimente Begründungsfunktion haben, müssen dies aber nicht in jedem Fall.

Wahrscheinlichkeit eines solchen Einschlags in damaliger Zeit. Damit wird die Frage nach den so genannten Grenzen des aktualistischen Prinzips vom Kopf auf die Füße gestellt: Nicht empirische Befunde entscheiden über die Reichweite des Prinzips, sondern das Prinzip legt die Grenzen geohistorischer Erklärungen fest. Jede konkrete geohistorische Erklärung muss sich in den Grenzen des aktuellen, systematisch gesicherten Wissens bewegen; tut sie dies nicht, dann kann sie bestenfalls als mehr oder weniger fruchtbare Heuristik gelten. Dies kann man z.B. schön an der Geschichte der Plattentektonik sehen. Zu ALFRED WEGENERS Zeiten war die Hypothese von der Kontinentaldrift eine interessante Spekulation (und wurde von vielen Zeitgenossen auch als solche angesehen), da der unterstellte Driftmechanismus völlig ungeklärt war; erst durch die weiteren Fortschritte der Geowissenschaften erhielt diese Spekulation allmählich den Charakter eines Modells mit erklärender Kraft.

3. Die Rekonstruktion geohistorischer Vorgänge und das Ähnlichkeitsproblem

Auch wenn sich mit dieser konsequent methodologischen Fassung des aktualistischen Prinzips so manche Deutungsschwierigkeit vermeiden lässt, ein Problem bleibt erhalten. Auch jetzt wird gefordert, dass die fiktiven Prozesse und Ereignisse, die zur Rekonstruktion der Geschichte eines bestimmten Erscheinungsbildes eingesetzt werden, in einer *Ähnlichkeitsrelation* stehen zu solchen Prozessen und Ereignissen, welche aktuell beschrieben sind. Damit stellt sich die zentrale Frage: Wann gelten in den Geowissenschaften Beschreibungen als ähnlich zueinander? Man könnte versucht sein zu antworten, dass die Ähnlichkeit von Beschreibungen von der Ähnlichkeit der zugrunde liegenden Phänomene abhängt. Aber so würde man wieder nur in einen Zirkel kommen, da wir die Frage nach der Beschaffenheit eines Phänomens nur durch die Angabe einer entsprechenden Beschreibung beantworten könnten. Wir müssen deshalb an dieser Stelle etwas weiter ausholen. Wie jede empirische Wissenschaft, so verfügen auch die Geowissenschaften über eine Terminologie, mit der sie die wahrnehmbaren Merkmale ihrer Objekte erschöpfend beschreiben können. Diese Terminologie ist historisch gesehen im Fluss, sie ändert sich in dem Maße, wie sich Messverfahren oder Untersuchungsmethoden ändern; sie gilt aber zu jeder Zeit als *relativ abgeschlossen*, so dass man stets von einem Objekt eine relativ zu den jeweils zulässigen Beschreibungsmitteln umfassende Beschreibung geben kann. Solche umfassende Beschreibungen werden selbstverständlich nur recht selten verfertigt, vielleicht gelegentlich im Praktikum oder aber dann, wenn man es mit ganz neuartigen Objekten zu tun hat, z.B. mit Mond- oder Marsgestein.

Man kann nun, ausgehend von solchen Beschreibungen, bestimmte Merkmalsgruppen auszeichnen und in weiteren Untersuchungen nur noch auf das Vorliegen dieser Merkmale achten. So kann man sich z.B. bei Gesteinen auf mineralogische Merkmalsgruppen konzentrieren oder auf Merkmale der Schichtgeometrie, des Gefüges, des Fossilgehalts usw.. Durch die Festlegung solcher Merkmale oder Merkmalsgruppen bildet man Typen oder Klassen, und wenn man sich in seinen Aussagen nur noch auf die *typischen Merkmale beschränkt* (also invariant bezüglich dieser Merkmale spricht), dann redet man in *abstrakter Weise* über die zugrunde liegenden Objekte. Selbstverständlich ist es möglich, Typen wieder nach gemeinsamen Merkmalen zusammenzufassen. Auf diese Weise werden dann Typen höherer Ordnung bzw. Oberklassen gebildet. Aufgrund dieser abstraktionstheoretischen Vorüberlegungen können wir jetzt sagen, dass *zwei Beschreibungen insoweit ähnlich sind, als sie den gleichen Typ darstellen* (so sind z.B. Fazies-Beschreibungen von Formationen am Main bei Würzburg und an der Saale bei Jena ähnlich in dem Sinne, dass in beiden Fällen

Muschelkalkformationen beschrieben werden). Als Maß für die Ähnlichkeit dient die Zahl der Typisierungs- und Abstraktionsschritte, die vollzogen werden müssen, um die gemeinsame Klasse zu erreichen, siehe dazu das folgende Beispiel:

Typus III (genetische Merkmale)	Magmatite			
Typus II (Gefügeeigenschaften)	Vulkanite		Plutonite	
Typus I (Klassifikation nach Mineralkomposition oder chemischer Analyse)	Rhyolith	Basalt	Granit	Gabbro
Objektbeschreibungen (umfassen alle Angaben zu Ort und Lage sowie zu den physischen und stofflichen Eigenschaften)	a	b	c	d

Erläuterungen zur Tabelle:

Die Beschreibungen a und c, bzw. b und d bilden je einen Typus auf der Ähnlichkeitsstufe 1.

Die Beschreibungen a und b, bzw. c und d bilden je einen Typus auf der Ähnlichkeitsstufe 2.

Die Beschreibungen a, b, c und d bilden zusammen einen Typus auf der Ähnlichkeitsstufe 3.

In welcher Weise man Merkmale zu typenbildenden Gruppen zusammenfasst, hängt davon ab, welche Argumentationsfelder man auf dem neuen abstrakten Niveau erreichen möchte, also: welche fruchtbaren Fragestellungen können dadurch eröffnet werden bzw. welche Beziehungen zu Nachbardisziplinen lassen sich dadurch herstellen? Gesteine nur nach ihrer Farbe oder Härte zu klassifizieren ist möglich, eröffnet aber kaum Raum für Anschlussfragen; und deshalb spielen solche Klassifikationen, jedenfalls für sich genommen, auch keine besondere Rolle, im Unterschied etwa zu Klassifikationen, die sich auf mineralogisch relevante Merkmale stützen.

Die Rolle, die pragmatische Kriterien bei der Klassifikation spielen, wird meist unterschätzt. Häufig meint man, dass sich an den Dingen nicht nur ihre Merkmale, sondern auch noch eine Struktur, in der diese Merkmale eingebettet sind, offenbaren müßte; durch die Erfassung dieser Struktur hätte man dann eine „natürliche“, den Dingen eigentlich angepasste Ordnung gefunden. Aber allein schon die Wissenschaftsgeschichte zeigt, dass dies eine Täuschung ist: als „natürliche“ Ordnung wird akzeptiert, was jeweils am besten zu den herrschenden Wissenschaftszielen und Forschungsprogrammen einer Epoche passt (vgl. zur Geschichte der mineralogischen Klassifikation LIMA-DE-FARIA 1998).

Während man im Allgemeinen sagen kann, dass Typisierungen, die mit Blick auf form- oder materialspezifische Fragestellungen getroffen werden (und z. B. in die Mineralogie, Chemie oder Physik hinüber weisen), keine besonderen methodologischen, wohl aber häufig praktische Schwierigkeiten aufwerfen, so gilt dies nicht für die in den Geowissenschaften besonders wichtige genetische Klassifikation. Mit „genetischer Klassifikation“ ist gemeint, dass unterschiedliche Objekte dann unter dem gleichen Typ zusammen gefasst werden, wenn sie auf ähnliche Weise entstanden sind. Auf diese Weise werden statische Erscheinungsformen oder Erscheinungsbilder mit Prozessen und Ereignissen verknüpft, wobei die Abstraktionsschritte sich sowohl auf die statischen wie auf die dynamischen Elemente beziehen müssen.

Gerade die Typisierung dynamischer Vorgänge ist eine schwierige und komplexe Aufgabe, nicht zuletzt deshalb, weil man hier anders als im Falle ruhender Objekte nicht oder nur selten über umfassende Beschreibungen im oben skizzierten Sinne verfügt. Manche Ereignisse (wie etwa Vulkanausbrüche) verlaufen zu heftig, kommen zu selten oder zu überraschend, um sie in gewünschtem Detailreichtum erfassen zu können; andere Vorgänge verlaufen wiederum so

langsam, dass sich erst in jüngster Zeit durch die Entwicklung neuer Mess- und Beobachtungsverfahren Chancen zu einer präziseren Beschreibung ergeben haben. Für die Typisierung bedeutet dies, dass man nicht immer aus der Menge der Merkmale auswählen kann, die man eigentlich als relevant ansehen würde, sondern gewissermaßen nehmen muß, was man gerade hat oder bekommen kann. Dynamische Vorgänge werden deshalb häufig über eine Klassifikation ihrer Spuren und Zeugnisse typisiert, ein Verfahren, das gerade für geohistorische Analysen große Vorteile bietet. So wird z.B. in der Vulkanologie ein plinianischer Ausbruch von einem strombolianischen unter anderem durch die flächenhafte Verbreitung der Pyroklastika unterschieden, wodurch es möglich ist, Schätzungen zur Höhe der Eruptionssäule eines Ausbruchs auch dann vorzunehmen, wenn man dieses Ereignis nicht beobachtet hat oder es gar nicht beobachten konnte, weil es in erdgeschichtlicher Vergangenheit stattfand (vgl. CAS & WRIGHT 1987: 129ff).

Manchmal werden aber auch zur Bestimmung eines dynamischen Typs statische Elemente (Spuren) mit dynamischen (z.B. mechanischen) Elementen verknüpft. Wenn man z.B. die Tektonik einer Region bestimmen möchte, so ist zunächst Abfolge und Lagerung der Schichten und Gesteinseinheiten zu erfassen. Aus dieser (in der Regel durch Kartierung) gewonnenen *Beschreibung* wird dann eine geometrische Darstellung *abstrahiert*: einzelne Lagerungsdaten werden statistisch zusammengefasst, eine tektonische Karte vereint die relevanten Lagerungs- und Gefügedaten, Profilschnitte veranschaulichen die tektonische Interpretation. Diesem Strukturplan wird dann ein passendes mechanisches Modell zugeordnet (z.B. eine einphasige NW-vergente Kompression). Geometrie (tektonische Karte) und mechanisches Modell ergeben dann zusammen einen *tektonischen Typus* (z.B. Faltengebirge). Wie bei ruhenden Objekten können wir nun auch in Bezug auf dynamische Vorgänge sagen, dass Beschreibungen von Vorgängen dann ähnlich sind, wenn sie den gleichen dynamischen Typus repräsentieren. Beschränkt man sich in seinen Aussagen auf die den jeweiligen dynamischen Typ charakterisierenden Merkmale, dann spricht man wieder abstrakt, diesmal abstrakt über Ereignisse oder Prozesse. In unserem Falle ist der tektonische Typus ein *abstrakter dynamischer Typus*, da die verwendeten mechanischen Modelle dynamischer Art sind, aber als rein physikalische Modelle eben noch keine Beschreibung eines *bestimmten historischen Vorgangs* innerhalb der Erdkruste liefern. Derartige Vorgänge zu modellieren und nach weiteren Zeugnissen für ihren Ablauf zu suchen wäre vielmehr Aufgabe weiterer, spezifisch geologischer Forschung.

Mit Blick auf das Aktualitätsprinzip kann man nun eine Verbindung herstellen zwischen dem Abstraktionsniveau, auf dem sich eine Beschreibung befindet und der historischen Reichweite, die mit dieser Beschreibung beansprucht wird. Allgemein lässt sich festhalten, dass mit dem Abstraktionsgrad der Beschreibung der Zeitraum wächst, innerhalb dessen seine Konkretisierungen angenommen werden können. Charakteristisch für die historisch orientierten Erklärungsansätze der Geologie ist aber, dass man es bei der bloß abstrakten Erfassung geodynamischer Vorgänge nicht belässt. Man ist ja nicht an der Aufklärung thermischer oder mechanischer Vorgänge schlechthin interessiert, sondern möchte erklären, wie ganz bestimmte Erscheinungsbilder als Ergebnisse *erdgeschichtlicher Vorgänge* entstanden sind. Eine solche Erklärung muss diskriminieren, d.h. sie muss - idealiter - auf die Rekonstruktion *eines* Vorgangs hinauslaufen, der als ursächlich angenommen werden kann, wodurch zugleich andere Möglichkeiten verworfen werden; solange man nur die Klasse *möglicherweise ursächlichen* Vorgänge benennen kann, hat man sein eigentliches Erklärungsziel noch nicht erreicht. Je konkreter eine Erklärung ist, desto wissenschaftlich fruchtbarer ist sie, da sie einerseits weitere Anschlussfragen aufwirft, andererseits auch

substanzielle Kritik erlaubt. Also: Eine zufriedenstellende Erklärung sollte immer so konkret wie möglich sein und deshalb muss die Ähnlichkeitsbeziehung, von der in dem methodologischen Aktualismusprinzip die Rede ist, auf *möglichst konkretem Darstellungsniveau* hergestellt werden. Unser Prinzip lautet also in seiner endgültigen Fassung:

Geologische Erklärungen müssen sich im Einklang mit den bekannten Naturgesetzen befinden und dürfen vergangene Ereignisse und Prozesse nur dann als ursächlich für überlieferte Erscheinungsbilder postulieren, wenn diese Ereignisse und Prozesse

(a) als ähnlich zu solchen angenommen werden können, die in ihrer Wirkungsweise empirisch aufgeklärt sind (*wobei ein möglichst konkretes Darstellungsniveau anzustreben ist*) und

(b) sie einer allgemeinen Konsistenzforderung genügen.

Geologische Erklärungen gehören in den je aktuellen Wissenshorizont und nicht unbedingt in den je aktuellen Ereignishorizont.

Mit dem Wort „möglichst“ werden pragmatische Grenzen angedeutet: Keine Erklärung kann konkreter sein, als es die empirischen und kognitiven Umstände erlauben und sie braucht nicht konkreter sein, als es die aufgeworfene Frage erfordert. Was also „konkret“ heißt, ergibt sich aus dem, was man wissen möchte, sodann aus dem, was man tatsächlich schon weiß (und damit zur Erklärung einsetzen kann) sowie schließlich aus dem, was die empirischen Gegebenheiten als Material hergeben. Diese etwas abstrakten Ausführungen seien an einem wohlbekannten Beispiel kurz erläutert (vgl. HALLAM 1989, insbes. S. 87-105; SCHULTE 1994).

Als man sich im ausgehenden 18. Jahrhundert näher mit den Moränenhügeln des alpinen Vorlandes sowie mit den Findlingsblöcken, die man sowohl hier wie in Norddeutschland fand, beschäftigte, suchte man nach Erklärungen für diese erratischen Erscheinungen. Aus Lage und Form konnte man zumindest so viel schließen, dass sie vor langer Zeit durch einen *mechanischen Transport* in ihre heutige Lage gebracht worden sein müssen. Diese abstrakte Erklärung mußte nun aber konkretisiert werden. Man wollte wissen, wer der *Träger* eines solchen Transportprozesses war. Obwohl man aktuell dafür keinen bestimmten Vorgang aufweisen konnte, konnte man doch aufgrund des aktuell verfügbaren Wissens mögliche Träger benennen: In Frage kamen Wasser oder Eis, und letzteres entweder in Form von Gletschern oder von Eisbergen. Zwischen diesen Möglichkeiten galt es nun zu entscheiden, wobei man aus der genauen Beobachtung und Analyse von „Mikrophänomenen“ (Untersuchungen an rezenten Gletschern oder Eisbergen) bestimmte Forderungen ableiten konnte, die ein zwischen diesen rivalisierenden Hypothesen diskriminierendes Phänomen erfüllen mußte. Als man dann typische Gletscherschliffe im Gestein fand, war die Sache (relativ) klar: Die fraglichen Erscheinungen konnten am besten mit der Gletscherhypothese in Übereinstimmung gebracht werden. Damit war der entscheidende Schritt zur Konkretisierung des zunächst nur abstrakt beschriebenen Transportprozesses getan und erst jetzt konnte man davon sprechen, dass man eine (geologische) *Erklärung* für das Phänomen der Findlingsblöcke besitzt.

In den Wissenschaften und zum Teil auch in der Wissenschaftstheorie wird „Erklären“ häufig gleichgesetzt mit dem sog. „*deduktiv-nomologischen Erklären*“ (so auch ONCKEN 1995). Die *Konkretisierung einer abstrakten Darstellung* darf aber *keinesfalls* mit einer Deduktion verwechselt werden, bei der Ergebnisse dadurch aus einem Verlaufgesetz abgeleitet werden, indem bestimmte Werte für die Anfangs- und Randbedingungen eingesetzt werden. Ein solcher deduktiver Schritt ist lediglich der abschließende (und oft triviale) Teil einer

Erklärung. Wenn man z.B. in der Mechanik nach der „Erklärung“ für das Bewegungsverhalten eines Körpers sucht, dann geschieht dies in der Regel nicht durch Einsetzen von Werten in ein gegebenes Verlaufsgesetz (das macht man vielleicht gerade noch im Schulunterricht). Der entscheidende Schritt zur Erklärung liegt vielmehr darin, dass man das Verlaufsgesetz selbst als *Lösung einer Differentialgleichung* ermittelt, wozu man z.B. bei der klassischen Newtonschen Mechanik in das zweite Newtonsche Gesetz $K = m \cdot d^2 x / dt^2$ einen geeigneten Kraftterm wie z.B. das Gravitationsgesetz (nicht einen schlichten Wert!) einsetzen muss. D.h. selbst in der Physik liegt die eigentliche Erklärungsleistung einer Darstellung in der Konkretisierung eines abstrakten Schemas oder Gesetzes durch ein empirisches Modell, die Deduktion stellt dann nur den Test auf die Bewährung dieses Modells dar. Es ist bezeichnend, dass ONCKEN, obwohl er von seiner wissenschaftstheoretischen Position aus „Erklären“ auf deduktiv-nomologisches Deduzieren beschränken möchte, bei seiner geologischen Forschungsarbeit dann doch gerade die Konkretisierung eines abstrakten Modells als Erklärung begreift. In ONCKEN (1982) versucht er eine *Erklärung* für die Entwicklung der Geosynklinale und des Faltengebirges im Raum des Ebbegroßsattels zu geben. Dazu wird zuerst ein deskriptives Modell erstellt, das geometrische Strukturen als Ergebnisse mechanischer Prozesse deutet und mit Indikatoren für abgelaufene thermische Prozesse (Inkohlungsdaten) verknüpft. In einem physikalischen Sinne verbunden werden die mechanischen mit den thermischen Prozessen durch die Postulierung von Konvektionsströmungen im Erdmantel. Da deren Strömungsmuster bekanntlich in empfindlicher Weise von gegebenen Randbedingungen abhängt, würde ein solcher Prozess viel Spielraum für die Erklärung lokaler Besonderheiten ergeben. Nun ist zwar das *Schema* für Konvektionsströmungen vom Typ Raleigh-Bénard bekannt und durch ein System von Differentialgleichungen gegeben, aber auch hier lassen sich nicht einfach Werte einsetzen und Ergebnisse deduzieren und somit eine deduktiv-nomologische Erklärung geben. Der entscheidende Schritt bei der Belegung des Gleichungssystems liegt vielmehr in der Angabe der spezifischen *Mechanismen* für den Transport von Wärme und mechanischer Energie. Und die Darstellung solcher Mechanismen für die Vorgänge im Erdmantel empfindet ONCKEN als Desiderat der Forschung (ONCKEN 1982, Kap. VIII): könnte man sie angeben, dann hätte man ein erklärendes Modell für eine Gebirgsbildung. Natürlich wird man ein solches Modell nie in der Spezifikation angeben können, wie sie für eine deduktiv-nomologische Erklärung erforderlich wäre. Dies wäre auch uninteressant, weil man für die historisch weit zurück liegenden Anfangs- und Randbedingungen keine empirischen Belegungen liefern könnte. Aber man könnte partielle, u. U. in Teile sogar quantitativ abgestützte Erklärungen liefern, wobei man aus vielen aktuell beobachtbaren Vorgängen und unter Zuhilfenahme theoretischen Wissens Szenarien konstruieren würde, die als solche zwar nicht unbedingt aktuell beobachtet werden könnten aber den Erwartungen an eine konkrete Erklärung genügen würden.

Unsere Beispiele zeigen, dass dort, wo in der Geologie historische Erklärungsansätze verfolgt werden, heute wie vor hundertfünfzig Jahren letztlich immer nur möglichst *konkrete* Erklärungen gesucht werden, die aber nicht unbedingt aktuelle Bezüge in dem anfangs skizzierten Sinn herstellen müssen. Deshalb sollte ein Aktualitätsbezug auch nur auf methodologischer Ebene, als Forderung nach Verträglichkeit jeder geowissenschaftlichen Erklärung mit unserem aktuellen Kenntnisstand, hergestellt werden.

4. Abschließende Bemerkung zum Status des Aktualitätsprinzips

Fassen wir unsere Überlegungen abschließend in zwei Punkten zusammen:

- (1) Zunächst sollte deutlich geworden sein, dass man das Aktualitätsprinzip streng als methodologisches Prinzip auffassen sollte. Durch die Forderung nach Konsistenz mit den Gesetzen der Physik und Chemie sowie durch das Gebot, *Erklärungen* auf möglichst konkretem Niveau zu geben, bestimmt es (neben anderen Prinzipien) *Aufgaben und Grenzen geologischer Erklärungen* und hat damit zumindest in der vorgelegten Fassung, wie HOFBAUER formuliert, „konstituierenden“ Charakter für eine erdgeschichtlich arbeitende Geologie (HOFBAUER 2000). Von ähnlich fundamentalen Charakter sind für den *deskriptiven* Teil der Geologie solche Prinzipien, die die Umsetzung einer räumlichen Struktur in eine zeitliche Abfolge regeln (so z.B. die von STENO aufgestellten Regeln, vgl. HOFBAUER 2000).
- (2) Von einem methodologischen Prinzip sind scharf zu trennen die Regeln, die seine *Anwendung* in der wissenschaftlichen Alltagsarbeit betreffen. Solche Regeln geben Hinweise darauf, wie die methodologischen Forderungen am effektivsten oder einfachsten umzusetzen sind und wie ein Problem in der Forschungspraxis am besten anzugehen ist. Sie leiten also dazu an, wie der von den methodologischen Prinzipien aufgespannte formale Rahmen inhaltlich zu füllen ist, sind damit diesen Prinzipien immer nachgeordnet und haben rein *heuristischen* Charakter.

Die bekannteste heuristische Regel dieser Art ist vielleicht das „Prinzip der Einfachheit“ (Ockham's razor), das in vielen Wissenschaften in je *fachspezifischen* Fassungen auftaucht. Für die Geologie kann man dieses Prinzip z.B. auslegen als die Forderung: „Wenn man im Rahmen geohistorischer Erklärungen nach ursächlichen Prozessen sucht, dann versuche man es in einem *ersten Schritt* mit aktuell beobachtbaren Vorgängen“. ONCKEN (1995) hat völlig recht, wenn er eine solche Regel als heuristisch bezeichnet. Allerdings darf man den Gehalt des Aktualitätsprinzips nicht auf diese heuristische Komponente *beschränken*. Wenn man nämlich bedenkt, dass zwar jeder aktuelle Vorgang konkret beschrieben werden kann, aber nicht jede konkrete Beschreibung sich auf aktuelle Vorgänge beziehen muss, dann wird klar, dass die angeführte heuristische Regel nur dann Sinn macht, wenn man das übergeordnete *methodologische Prinzip*, welches möglichst konkrete Erklärungen fordert, schon akzeptiert hat.

5. Schriftenverzeichnis

- BAHLBURG, H. & BREITKREUZ, C. (1998): Grundlagen der Geologie - VIII + 328 S., Stuttgart (Enke).
- BRINKMANN, R. (1975): Abriß der Geologie, Erster Band: Allgemeine Geologie (bearbeitet v. W. ZEIL). - 246 S., Stuttgart (Enke).
- CAMARDI, G. (1999): Charles Lyell and the Uniformity Principle. - *Biology and Philosophy*, **14**: 537-560; Dordrecht.
- CAS, R. A. F. & WRIGHT, J. V. (1987): *Volcanic successions, modern and ancient*. - XVI + 528 S., London (Chapman & Hall)
- FRITSCHER, B. (1990): Die Verwissenschaftlichung der Geologie. Zur Bedeutung phänomenologischer und konstruktiver Erfahrungsbegriffe im Vulkanismusstreit. - *Sudhoffs Archiv* **74**: 22-44; Stuttgart
- GOULD, S. J. (1965): Is Uniformitarianism necessary? - *Am. J. Sc.*, **263**: 223-228; New Haven.
- HALLAM, A. (1989): *Great geological controversies*. - IX + 244 S., 2. Aufl., Oxford (Oxford University Press).

- HOFBAUER, G. (1994): Über die Möglichkeiten, die Grenzen des Aktualismus bestimmen zu können. - Z. dt. geol. Ges. **145**: 207-218; Hannover.
- (2000): Aktualismus und die Prinzipien der geologischen Forschung [dieses Heft]
- HOFF, K. E. A. VON (1822): Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche. - Gotha (Justus Perthes) [Bd. I: 1822, Bd. II: 1824, Bd. III: 1834, Bd. IV, Teil 1: 1840, Bd. IV, Teil 2: 1841].
- HOOPYKAAS, R. (1970): Catastrophism, its scientific character in relation to actualism and uniformitarianism. - Koninklijke Nederlandse Akademie van Wetenschappen, afd. Letterkunde, Med., **33**: 721-316; Amsterdam; Repr. in Philosophy of Geohistory, hg. C. C. Albritton, S. 225-233, Stroudsboung/Penn. 1975.
- HÜSSNER, H. (1993): Der Aktualismus zur Zeit Johannes Walthers und aus heutiger Sicht - Z. dt. geol. Ges., **144**: 255-263; Hannover.
- (1994): Aktualismus und evolutionäre Erkenntnistheorie - Antwort auf Hofbauers Kommentar „Über die Möglichkeiten, die Grenzen des Aktualismus bestimmen zu können“. - Z. dt. geol. Ges. **145**: 219-224, Hannover.
- HUTTON, J. (1795): Theory of the earth, with proofs and illustrations. - 2 Bde., Edinburgh (Messrs. Cadell, junior, and Davies) und London (William Creech).
- LIMA-DE-FARIA, J. (1998): Past, present, and future of the classification of minerals. - In: Toward a History of Mineralogy, Petrology, and Geochemistry, hg. FRITSCHER B. & HENDERSON, F., Algorismus **23**, 17-28. München.
- LYELL, C. (1830): Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the earth's surface, by reference to causes now in operation. - London (Murray) [Bd. I: 1830, Bd. II: 1832, Bd. III: 1833].
- MURAWSKI, H. (1992): Geologisches Wörterbuch. - 254 S., 9. Aufl., Stuttgart (Enke).
- ONCKEN, O. (1982): Determinierung und Entwicklung grossteltonischer Strukturen im nördlichen Rhenohertzynikum (Beispiel Ebbeantiklinorium). - 190 S., Diss. Köln.
- ONCKEN, O. (1995): Der Aktualismus oder Geologie ohne Netz. - N. Jb. Geol. Paläont. Abh. **198**: 243-274, Stuttgart.
- PLAYFAIR, J. (1802): Illustrations of the Huttonian Theory of the Earth. - XX + 528 S., Edinburgh.
- PRESS, F. & SIEVER, R. (1995): Allgemeine Geologie. - IX + 602 S., Heidelberg (Spektrum-Verlag).
- REID, T. (1764): An Inquiry into the Human Mind, on the Principles of Common Sense, Edinburgh [repr. London (Thoemmes) 1990].
- SCHULTE, K. (1994): Gletschertheorie versus Drifttheorie. Zur Geschichte der Eiszeittheorie vom Ende des 18. bis Ende des 19. Jh.- In: Cosmographia et Geographia (Festschr. f. H. M. NOBIS, hrsg. FRITSCHER, B. & BREY, G.), Algorismus **13**: 219-234; München.
- SHEA, J.H.(1982): Twelve Fallacies of Uniformitarianism. - Geology, **10**: 455-460; Boulder.
- STANLEY, S. M. (1994): Historische Geologie. Eine Einführung in die Geschichte der Erde und des Lebens. - XI + 632 S., Heidelberg (Spektrum-Verlag).
- VALSANGIACOMO, A. (1998): Die Natur der Ökologie. Anspruch und Grenzen ökologischer Wissenschaft. - XIV + 324 S., Zürich (ETH Hochschulverlag).