

Erdgeschichte als Tatsache

Die Geschichte der Erde und des Lebens ist geschrieben – im Wesentlichen. Sie unterliegt zwar noch einer anhaltenden Verfeinerung und Ergänzung, aber Rahmen, Grundzüge und maßgebliche Inhalte sind faktisch. Besonders in ihrer verdichteten Form als erdgeschichtliche Zeittafel oder geologische Zeitskala ist sie seit Generationen weithin bekannt – wahrgenommen als Tatsache.

Wie aber konstituiert sich Erdgeschichte? Dass „Erdgeschichte“ gemacht ist, wird anhand verschiedener Perspektiven aufgezeigt.

Michael Kotulla

Einführung

Die Geologie ist in ihrem Wesenskern eine historische Wissenschaft. Ihre Untersuchungsobjekte sind die Gesteine¹ der Erdkruste. Der Geologe betrachtet sie als etwas Gewordenes; sie sind ihm Zeugen der Vergangenheit und Grundlage der Geschichtsschreibung:²

„In unendlich ferne Vergangenheit muss er [der Geologe, MK] zurückgreifen, um die Geschichte unserer Erde zu schreiben. Seine Urkunden sind die Gesteine; aus ihrer Beschaffenheit liest er die Umstände ihrer Entstehung heraus, und mit den Lebewesen, deren Reste er in ihnen vorfindet, bevölkert er in seiner Phantasie Länder und Meere längst vergangener Zeiten. Die Schichten der Erdrinde fasst er zu großen Formationen zusammen. Ihre Aufeinanderlagerung von unten nach oben gibt ihm zugleich die zeitliche Reihenfolge ihrer Entstehung und

damit der Geschichte der Erdoberfläche. Nach der Entwicklung des Lebens, die er in den einzelnen Formationen beobachtet, kommt er zur Aufstellung großer Perioden, die als Urzeit, Frühzeit, Altzeit, Mittelzeit und Neuzeit der Erdgeschichte betrachtet werden können. So entstand schließlich die geologische Formationstafel (...), die zugleich eine Geschichtstafel ist“ (LOTZE 1922, 6).³

Die Geschichte der Erde und die Geschichte des Lebens auf der Erde, verkürzt Erdgeschichte, wird seit über zweihundert Jahren „geschrieben“. Neben der Textdarlegung haben sich früh Visualisierungen etabliert, einerseits (erdgeschichtliche) Tabellen, andererseits ab Mitte des 19. Jahrhunderts Bilder, Szenen erdgeschichtlicher Perioden (Abb. 2).

Die erdgeschichtlichen Tabellen bzw. Skalen – als Verdichtung der Erdgeschichte – sind unter zahlreichen Bezeichnungen bekannt: geologische

Abb. 1 Die Verteilung von Land und Meer: das Gesicht der Erde heute (Ausschnitt). Ein in westlicher Richtung gerichteter Satellitenblick auf Kleinasien, das Schwarze Meer und Südosteuropa sowie über das Mittelmeer hinweg bis nach Nordafrika, zudem auf Südeuropa bis über die Apenninhalbinsel hinaus. Die cyanblauen Schlieren im Schwarzen Meer zeigen starke Nannoplankton-Blüten an, vermutlich hauptsächlich von Coccolithophoriden (Kalkflagellaten). Sie produzieren massenhaft Calciumkarbonat-Plättchen, mit denen sie ihre Zellkörper kugelförmig umschließen. (Foto/Credit: NASA; Aqua-MODIS-Aufnahme vom 15. Juli 2012)

Abb. 2 Erdgeschichte visualisiert: die Steinkohlen-Periode. Ein Szenen-Bild: Fiktion oder Realität? – Joseph KUWASSEG, aus der 18-teiligen Serie *Die Urwelt* nach Prof. Franz UNGER, um 1850⁵⁴; Aquarell auf Papier, je 48 x 66,5 cm; Sammlung Neue Galerie Graz; Foto: Neue Galerie Graz/N. Lackner (freundl. Zurverfügungstellung Universalmuseum Joanneum).



Hinweis zu den Anmerkungen:

Die Anmerkungen enthalten Belegzitate und weitere Informationen; sie können als Zusatzmaterial zum Artikel unter www.si-journal.de/jg23/heft2/erdgeschichte.pdf heruntergeladen werden.

Formationstafel, erdgeschichtliche Zeittafel, geologische Säule, Formationskala, stratigraphische Tabelle u. v. m. Die durch die Internationale Stratigraphische Kommission (SALVADOR 1994) eingeführte formale Bezeichnung ist *Standardisierte Globale Chronostratigraphische Skala* (auch *Internationale Chronostratigraphische Tabelle* bzw. *Skala*, Abb. 3), sie bildet in ihrer jeweils aktuellen Version die Grundlage für eine Verknüpfung mit dem radiometrisch begründeten Altersmodell (*Geologische Zeitskala*).⁴

Mit der Institutionalisierung der Geowissenschaft, insbesondere der Einrichtung nationaler geologischer Dienste, deren Aufgabe u. a. die geologische Landesaufnahme und Kartierung war (und ist), haben die erdgeschichtlichen Aufstellungen quasi einen amtlichen Status erworben, „offiziell, bindend und gültig“. Der Geologische Dienst der US-Administration (USGS) beispielsweise gibt das Poster *Die geologische Zeitspirale – Ein Pfad zur Vergangenheit* heraus

(Abb. 4).⁵ Es vermittelt: Die erdgeschichtlichen Perioden sind real, die Zeitskala ist eine tatsächliche (inhaltlich identisch mit Abb. 3) und eine anorganische und organische Evolution hat wirklich stattgefunden. Es handelt sich um ein Beispiel unter vielen möglichen. Es zeigt einen der Wege auf, wie die „geschriebene“ Erdgeschichte Tatsachen-Status erlangt hat.

In der Folge wird zunächst der Frage nachgegangen, welche Elemente die Erdgeschichte konstituieren.

Elemente der Erdgeschichte

Entwurf eines Bildes

MURAWSKI (1977) zufolge unternimmt die Geologie den Versuch „ein Bild von der Geschichte der Erde und des Lebens zu entwerfen“⁶. Dieses Bild ist wohl als Gesamt-Bild zu verstehen. Auch wenn es nicht ausdrücklich Erwähnung findet, scheint es sich um einen *singulären* Entwurf zu handeln, *den* Erdgeschichts-Entwurf. Die Beschreibung der Aufgabenstellung deutet an, dass Erdgeschichtsforschung und Erdgeschichtsdesign eng miteinander verwoben sind (s. o. LOTZE 1922).

Gegenstand der Untersuchung sind die „durch natürliche und künstliche Aufschlüsse zugänglichen Teile der Erdkruste mit ihren Gesteinen, Lagerungs- und Umwandlungserscheinungen“ sowie ihr „Fossilinhalt“. – Implizit verbirgt sich eine essenzielle Annahme: Die Kruste der Erde wird als Geschichte betrachtet⁷, als einzige Grundlage für den Bild-Entwurf der Vergangenheit.

Kompakt

„Erdgeschichte“ ist kein neutraler, ergebnisoffener Entwurf der Vergangenheit. „Erdgeschichte“ ist mit festen Attributen besetzt; sie konstituiert sich aus uniformitaristisch/aktualistisch-fiktiver Konstruktion, Langzeit-Projektion und Evolution. Dieses geschaffene Universum aber darf nicht mit *wahrer* oder *wirklicher* Geschichte gleichgesetzt werden.

Die gemachte „Erdgeschichte“ hat seit Generationen Einzug in das staatliche Verwaltungs- und Bildungswesen genommen und das gesellschaftliche Leben durchdrungen. In der Hauptsache sind es vermeintlich „zweifelsfrei etablierte Fakten“, die als Tatsachen oder Quasi-Tatsachen publiziert und verbreitet werden. Die breite Öffentlichkeit kann diesen Transformationsprozess in Fakten i. d. R. nicht differenzieren; für sie ist das, was *als* Tatsache publiziert und verbreitet wird, *wirklich* Tatsache. Dies trifft im Besonderen und in eklatanter Weise auf die erdgeschichtlichen Tabellen und Skalen zu, die „Erdgeschichte“ verdichtend und visualisierend darstellen.

Lange Zeit

LOTZE (1968, 7) hat eine weitere fundamentale Annahme ausgesprochen: Die Geologie geht „davon aus, dass das heutige Erscheinungsbild der Erde das Ergebnis einer langen und wechselvollen Entwicklung ist (...).“⁸ Diese (allzu oft in Vergessenheit geratene) Annahme einer „Langzeit“ gründet im Wesentlichen auf eine Vorstellung von HUTTON (1788): der Idee „unermesslich verflossener Zeiten“, der Idee einer unlimitierten Zeit. Sie ist insbesondere von LYELL (1830–33) aufgegriffen und theoretisch (methodologisch) begründet worden (s. nachfolgenden Punkt). BUCKLAND (1836) zufolge hatte sich in damaligen Fachkreisen eine Langzeit-Vorstellung im Laufe von etwa 50 Jahren etabliert.⁹ Seiner Ansicht nach könne die Bildung der fossilführenden Gesteine (etwa vergleichbar mit dem Phanerozoikum, Abb. 3) einen Zeitraum von Millionen von Millionen Jahren ausgefüllt haben¹⁰ (Diskussion s. KOTULLA 2015).

Im Begriff der *geologischen Zeit* schließlich sind die Langzeit-Vorstellungen verborgen, mitunter auch als *Idee der geologischen Zeit* oder *Konzept der geologischen Zeit* ausgedrückt. Eine häufiger verwendete Metapher für die geologische Langzeit ist *Tiefenzeit* („deep time“).

Im Begriff der geologischen Zeit sind die Langzeit-Vorstellungen verborgen.

Uniformitaristisch-fktive Konstruktion

Die geologische Überlieferung ist nicht selbstredend; an den geologischen Objekten hängen keine Schildchen wie „so geschehen“, „so lange gedauert“ oder „vor so langer Zeit gelebt“. Es war der Jurist und Geologe Charles LYELL (1797–1875), der zur Interpretation geologischer Phänomene einheitliche Prinzipien (Regulative) einführte. Sein Programm ist bereits im Untertitel seines erstmals 1830–33 erschienenen Hauptwerkes *Principles of Geology* formuliert: *Ein Versuch, die früheren Veränderungen der Oberfläche der Erde unter Bezug auf Ursachen, die gegenwärtig im Gange sind, zu erklären.* Oder sprachlich moderner: (...) *durch heute wirkende Ursachen zu erklären.*

Die bekannte Redewendung „die Gegenwart ist der Schlüssel zur Vergangenheit“ ist allerdings keine Aussage LYELLS.¹¹ Sie erfasst nicht ganz den Kern seines Prinzipienwerks. In Kürze und ebenfalls vereinfacht: LYELL ließ für die Deutung der Vergangenheit als einzige Erfahrungsquelle nur beobachtbare gegenwärtige geologische Vorgänge zu (als „langsam und graduell“). Die

Äonothem /Aeon	Äräthem /Ära	System/ Periode	Serie/ Epoche	Numerisches Alter (Mra)		
PHANEROZOIKUM	KÄNOZOIKUM	QUARTÄR	HOLOZÄN	0,0117		
			PLEISTOZÄN	2,58		
			PLIOZÄN	5,333		
		NEOGEN	MIOZÄN	23,03		
			OLIGOZÄN	33,9		
			EOZÄN	56,0		
		PALÄOGEN	PALÄOZÄN	66,0		
			MESOZOIKUM	KREIDE	OBERKREIDE	100,5
					UNTERKREIDE	~ 145,0
	JURA	OBERJURA		163,5		
		MITTELJURA		174,1		
		UNTERJURA	201,3			
	TRIAS	OBERTRIAS	~ 237			
		MITTELTRIAS	247,2			
		UNTERTRIAS	252,17			
		LOPINGIUM	259,8			
	PERM	GUADALUPIUM	272,3			
		CISARALIUM	298,9			
		KARBON	PENNSYLVANIUM	323,2		
	MISSISSIPPIUM		358,9			
	PALÄOZOIKUM	DEVON	OBERDEVON	382,7		
			MITTELDEVON	393,3		
			UNTERDEVON	419,2		
		SILUR	PRIDOLI	423,0		
			LUDLOW	427,4		
			WENLOCK	433,4		
			LLANDOVERY	443,8		
		ORDOVIZIUM	OBERORDOVIZIUM	458,4		
			MITTELORDOVIZIUM	470,0		
			UNTERORDOVIZIUM	485,4		
KAMBRIUM	FURONGIUM	~ 497				
	SERIE 3	~ 509				
	SERIE 2	~ 521				
	TERRENEUVIUM	541				
„PRÄKAMBRIUM“	NEO-PROTEROZOIKUM	EDIACARIUM	635			
		KRYOGENIUM	720			
		TONIUM	1000			
Auslassung von Proterozoikum (Teile) und Archaikum				4000		
HADAIKUM				~ 4600		

Abb. 3 Internationale Chronostratigraphische Skala; rechts mit Zuweisung geschätzter numerischer Alter des GTS2012-Altersmodells (s. Textteil) in Millionen [radiometrischen] Jahren (Mra).⁵⁵ Gliederungseinheiten (s. Kasten): chronostratigraphisch bzw. geochronologisch, z. B. System bzw. Periode; die kleinste Gliederungsebene Stufe/Alter mit etwa 100 Einheiten (nur Phanerozoikum) ist nicht ausgewiesen. Der Begriff Tertiär wird (international) nicht mehr als System bzw. Periode klassifiziert; stattdessen werden die Begriffe Paläogen und Neogen als Systeme/Perioden verwendet. Die Abschaffung des Begriffs Quartär ist zurückgenommen worden (s. GTS2004⁵⁶). – Nach Version v2015/01 der Internationalen Stratigraphischen Kommission (ICS) mit teilweise aktualisierten Alterswerten⁵⁷; deutsche Bezeichnungen nach STDK2012⁵⁸; Farbcodes nach CGMW⁵⁹. Numerische Alter ohne Unsicherheiten. Grafik: F. MEYER.

Abb. 4 Visualisierte Erdgeschichte als Spirale. Die Originalbeschriftung lautet (in Übersetzung): „Die geologische Zeitspirale – Ein Pfad zur Vergangenheit.“⁶⁰ Die Bezeichnungen sind in Englisch; die Gliederung (Folge) ist im Wesentlichen identisch mit Abb. 3 (dort deutsche Bezeichnungen). Neben der Darstellung der die Epochen bzw. Perioden charakterisierenden Szenen werden zusätzlich Elemente der „Entwicklung“ (Spirale nach oben, aus dem „fernen“ Nebel; anorganische und organische Evolution) visualisiert. Diskussion s. Textteil. Grafik: Will STETTNER (freundl. Zurverfügungstellung).



Methodologie ist ein kompliziertes, geschickt verwobenes Konstrukt verschiedener Ausprägungen von Uniformität (Gleichförmigkeit),¹² das WHEWELL 1832 zusammenfassend als Uniformitarianismus¹³ bezeichnete und welches in Teilen mit dem deutschen Begriff des Aktualismus identisch ist. WHEWELL (1837) stellte bereits damals die Grundannahme in Frage: „(...) wir dürfen nicht willkürlich die Periode, in der wir leben, als Standard für alle anderen Epochen ansehen.“¹⁴

ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, 354-355) zufolge ist für aktualistische und uniformitaristische Theorien Erdvergangenheit „immerwährende Gegenwart“; so bestehe das Vorhaben darin, aus den überlieferten Objekten „vergangene Gegenwart“ zu rekonstruieren. Und: Das regulative Prinzip der Uniformität werde auch heute noch als die wichtigste Grundlage der geowissenschaftlichen Forschung angesehen.¹⁵

AGER (1993) bezeichnet LYELL als Hohepriester des Uniformitarismus. An einer Vielzahl von Beispielen zeigt AGER auf, dass der „substanzielle Uniformitarismus“¹⁶ (gleichförmige Raten oder Bedingungen) zahlreiche unterschiedliche geologische Erscheinungen nicht erklären kann. Im Gegenteil: Die stratigraphische Überlieferung (s.

Kasten) sei voll von Beispielen von Prozessen, welche weit davon entfernt sind, als „normal“ bezeichnet werden zu können (vgl. KOTULLA 2014b). Denn die Sedimentation in der Vergangenheit sei sehr oft rasch und sehr unregelmäßig gewesen.¹⁷ Bis zu dieser Erkenntnis, so räumt er ein, wirkte das LYELL'sche System wie eine Gehirnwäsche.¹⁸

Die Feststellung von ENGELHARDT & ZIMMERMANN (s. o.) scheint gegenwärtig, über 30 Jahre später, trotz vielfältiger Kritik, noch immer im Wesentlichen zu gelten. Zwar werden in zunehmendem Maße hochenergetische, katastrophische Vorgänge in Fachkreisen akzeptiert, sie werden aber ausschließlich im Rahmen des Langzeit-Entwurfs interpretiert – u. a. als seltene Vorkommnisse (Stichworte: „moderner Katastrophismus“; „Konzept des seltenen Ereignisses“¹⁹) oder als moderate, unregelmäßige Einzelereignisse (Stichwort: „Ereignisstratigraphie“²⁰).

Das Prinzip der Uniformität „erlaubt(e)“ geologische Zeitrechnung mit einfachen summarischen Methoden.²¹ Über angenommene, gleichförmige Raten (z. B. der Sedimentation) wurden für die Dauer des Phanerozoikums (bzw. das Alter der Erde) Dutzende oder Hunderte von Millionen Jahren ermittelt. Die Versuche der Zeitbestimmung nahmen u. a. die Funktion der

mittelbaren Bestätigung des Langzeit-Entwurfs ein (s. vorhergehenden Punkt). Die Annahmen waren bekanntermaßen nicht verifizierbar, aber die Ergebnisse wiesen doch auf die Größenordnung hin, „(...) welche den geologischen Perioden zugewiesen werden sollten.“²²

Die LYELL'sche Lehre war nicht nur ein „erdgeschichtlicher“ Gegenentwurf zu einem damals teilweise noch verbreiteten Katastrophismus²³; in ihrer konsequenten Befolgung hat sie zu einer voreingenommenen, fiktiven Konstruktion der Erdvergangenheit geführt. Anstelle einer vermeintlich gewollten Entschlüsselung der Vergangenheit ist diese durch Anwendung der o. g. Prinzipien verschlüsselt (codiert) und unkenntlich gemacht worden (vgl. AGER oben).

Integrierte Evolution

Evolution, konkreter: Makroevolution, ist integraler Bestandteil des Langzeit-Entwurfs. Es war der Naturforscher und Geologe Charles DARWIN (1809–1882), der insbesondere mit seinem Werk *Origin of Species* (1859) maßgeblichen Anteil am Durchbruch des Evolutionsgedankens hatte. Für seine Theorie der „Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl“²⁴ lieferte er zwei Grundannahmen gleich mit, ohne die seine Theorie unhaltbar wäre: die Notwendigkeit unermesslich langer Zeiträume und die Notwendigkeit der Lückenhaftigkeit der Fossilüberlieferung. Sie scheinen weitaus stärker zu wiegen als der postulierte Modus Operandi der „natürlichen Zuchtwahl“ (natürlichen Selektion) selbst. Diese seine Beobachtungen der (langsamen) „Veränderlichkeit“ durch Domestizierung hatte er einfach in die Vergangenheit extrapoliert, bis er über eine weitere der Extrapolation innewohnende Analogie zu seinem Startpunkt gelangte: „(...) so dass alle Organismen von einem gemeinsamen Ursprung beginnen“ (DARWIN 1872, 642).²⁵ Dass diese Extrapolation aus biologischen Gründen mehr als fragwürdig ist, soll hier nur angemerkt werden.

DARWIN hatte die quasi-dimensionslose geologische Zeit mit Inhalt aufgeladen; damit entstand eine nahezu unauflösbare Wechselbeziehung zwischen dem Bedarf langer Zeit für die angenommene Evolution und ihrer Füllung durch ebendiese. LYELL integrierte diesen (theoretischen) Prozess der Organismenentwicklung, der unterm Strich Veränderung und Irreversibilität bedeutete, geschickt in sein uniformitaristisches Prinzipienwerk – als durch gleichbleibende Mechanismen verursacht. So gilt DARWIN, neben LYELL, als Hauptprotagonist der „Idee der geologischen Zeit“.²⁶

Einen Einblick in die moderne paläontologische Evolutionsforschung²⁷ gibt Jes RUST

(2011) in seinem Buch *Fossilien – Meilensteine der Evolution*. In dessen Grundlagenteil kann das Zusammenspiel von Daten, Interpretation, Theorie und Weltanschauung gut herausgelesen werden: An den Fossilien (Daten) selbst könnten weder „historische Entwicklungen“ noch die „ihnen zugrunde liegenden Prozesse direkt“ beobachtet werden.²⁸ Die Fossilüberlieferung (die Summe aller Daten) aber erfahre durch die Paläontologie²⁹ „eine theoriegeleitete, biologisch orientierte Analyse“, eine „sorgfältige Interpretation, z. B. im Rahmen von evolutionsbiologischen, stammesgeschichtlichen, ökologischen, genetischen oder geologischen Hypothesen (...)“.

Eine Geschichte des Lebens indes würden die Fossilien nicht erzählen; so RUST (S. 10): „Ohne evolutionäres Denken und eine zugrunde liegende Theorie der Evolution bleiben die Fossilien lediglich interessante und für die Altersbestimmung nützliche Überreste von Organismen vergangener Zeiten. Eine ‚Geschichte des Lebens‘ erzählen sie ohne die Einsicht, dass der beobachtbare Wandel auf Evolution beruht, indes nicht.“ Es macht deutlich: Beides, sowohl das „evolutionäre Denken“ als auch die „Einsicht“, leitet sich nicht zwangsweise und schlüssig aus den Daten ab, sondern sind Konventionen, die auf willentlichen persönlichen Entscheidungen beruhen.

Zeit-relative, stratigraphische Universalskala

Die zahllosen Abfolgen von Gesteinskörpern (in der Hauptsache Sedimentgesteine) und die in ihnen enthaltenen Fossilien werden seit über 250 Jahren in zugänglichen Teilen der Erdkruste mit Methoden der Litho- und Biostratigraphie (s. Kasten) sowohl in ihrer Aufeinanderfolge als auch in ihrer räumlichen Verbreitung beschrieben, gegliedert und korreliert – lokal, regional und global. In hoch abstrahierter Form ist die Gesteinsüberlieferung in stratigraphischen Tabellen zusammengefasst und (materieller) Teil der bereits erwähnten *Internationalen Chronostratigraphischen Skala* (Abb. 3).

Mit der Methode der Chronostratigraphie (s. Kasten) allerdings wird ein virtuelles Hybrid aus Gestein und Zeit („time-rock“) erzeugt. Sie ist Mittel zur schrittweisen Transformation von dem Konkret-Gegebenen (dem Gesteinskörper) über seine Bildungszeit („repräsentiert ein bestimmtes Intervall geologischer Zeit“) zu einer Zeit-bezogenen (Zeit-relativen) Abstraktion. So werden relative „Zeitscheiben“ unbekannter Dauer konstruiert, die, abgetragen auf einer relativen Zeitkoordinate, in ihrer Abfolge (von oben nach unten) von der Gegenwart bis in die immer weitere Vergangenheit reichen – unmittelbar angrenzend und ohne Zeitlücken oder



Abb. 5 Präkambrium/ Kambrium-Grenze am Fortune Head, Neufundland, Kanada. 1992 ist dort die Basis des Kambriums formal definiert worden, mit dem ersten Auftreten (der ersten fossilen Überlieferung) des Spurenfossils *Treptichnus pedum* (s. Abb. 6). – *T. pedum* als globaler stratigraphischer Marker hat sich allerdings nicht bewährt; das lokale „Erst-erscheinen“ soll „zeitlich“ erheblich schwanken und am Referenzpunkt ist das Fossil inzwischen auch einige Meter unterhalb der Grenze im Ediacarium gefunden worden. Eine Neufestlegung der Grenze ist in Diskussion (BABCOCK et al. 2014). Foto: LIAM HERRINGSHAW (Wikimedia Commons, CC BY-SA 3.0), 2012.

Tab. 1 Chronostratigraphische und äquivalente geochronologische Einheiten (vgl. Abb. 3), hierarchisch absteigend; die konkreten Namen der ausgewiesenen einzelnen Einheiten sind identisch (mittlere Spalte). In Klammer Bezeichnungen in Englisch.

Chronostratigraphische Einheiten	Identische Namen, Beispiele	Geochronologische Einheiten
Äonothem (Eonothem)	Phanerozoikum	Äon (Eon)
Ärathem (Erathem)	Paläozoikum	Ära (Era)
System (System)	Devon	Periode (Period)
Serie (Series)	Mitteldevon	Epoche (Epoch)
Stufe (Stage)	Eifel bzw. Eifelium	Alter (Age)

Zeitüberlappungen (immaterieller Teil der chronostratigraphischen Skala). Für die chronostratigraphische Gliederungseinheit „System“ heißen die „Zeitscheiben“ Quartär, Neogen, Paläogen (beide zusammen zuvor Tertiär), Kreide usw. (Abb.3). Die chronostratigraphischen Einheiten (Stufe, Serie, System etc.) erfahren lediglich eine formale Definition ihrer unteren Grenze durch einen weltweit einzigen Grenzpunkt (GSSP-Konzept, s. Kasten; Abb. 5 und Abb. 7a/b); nur hierdurch erfolgt die Verknüpfung mit dem konkreten Gesteinskörper. In diesem Kontext fungieren Lithostratigraphie, Biostratigraphie und andere Methoden wie die Magnetostratigraphie „lediglich“ als Korrelationsmethoden.

Die (materielle-immaterielle) Abstraktion hat u. a. die Funktion einer Verallgemeinerung; einmal implementiert impliziert sie – mit Bezug auf die Erde – eine universelle Gültigkeit. Definitionsgemäß werden chronostratigraphische Einheiten von synchronen Flächen begrenzt (vgl. Zeit-Bezugsflächen, KOTULLA 2016). Diese konzeptionelle Notwendigkeit („abstraktes Muss“) ist physisch nur unzureichend darstellbar. Die definierten Grenzmarker sind häufig nur regional oder überregional, aber nicht global zu beobachten; ein synchrones Auftreten ist nicht sicher bzw. nicht oder nur selten überprüfbar. Insbesondere ist nicht davon auszugehen, dass ausgewählte Marker-Fossilien (erstes Auftreten von ...) das Gleichzeitigkeitskriterium erfüllen.

Der abstrakten, durchgängigen chronostratigraphischen Skala lassen sich (prinzipiell) alle physischen Gesteinskörper zuordnen bzw. an ihr

abtragen, das gleiche gilt für ausgewiesene Ereignisse. Sind Revisionen notwendig, so betreffen sie entweder die Zuordnung oder die Grenzziehung; die abstrakte Skala dagegen ist – unabhängig von ihrer Gliederung – fix.

Die gesamte Gliederungsstruktur aber ist eine künstliche, auch wenn sie sich teilweise in Bezug auf die verwendeten Termini und deren ursprünglicher Bedeutung von konkreten Gesteinskörpern ableitet (z. B. Karbon). So ist die Anzahl der ausgewiesenen Systeme, Serien oder Stufen willkürlich, ebenso willkürlich auch die jeweilige Grenzziehung (GSSP-Konzept). Für die formale Definition der Präkambrium/Kambrium-Grenze (Abb. 3) beispielsweise wurden zuvor Kriterien festgelegt (1974, Arbeitsgruppe der Subkommission „Kambrische Stratigraphie“); u.a. sollte die „Ediacara-Fauna“³⁰ auf jeden Fall als präkambrisch betrachtet werden. Schließlich wurden drei Lokalitäten (GSSP-Kandidaten) zur Wahl gestellt; im zweiten Wahlgang (nur die Sieger-Lokalität des ersten Wahlgangs stand zur Disposition) erhielt die Lokalität am Fortune Head (Neufundland, Abb. 5) eine knappe Mehrheit (14 von 23 Stimmen, 61%; BRASIER et al. 1992). Die Präkambrium/Kambrium-Grenze ist seitdem mit dem ersten Auftreten³¹ des Spurenfossils *Phycodus pedum* (nunmehr *Treptichnus pedum*, Abb. 6) festgelegt.

Die formalen *Zoikum*-Termini (gr.: *zoikós*, tierisch) wie Proterozoikum („Erdfrühzeit“ [der Tiere]) und Phanerozoikum sowie Paläozoikum („Erdaltertum“ oder „Erdaltzeit“), Mesozoikum („Erdmittelalter“ oder „Erdmittelzeit“) und Känozoikum („Erdneuzeit“) sind angelehnt an bzw. implizieren eine Evolution des Tierreiches; es handelt sich um eine (bewusste) Voreingenommenheit der chronostratigraphischen Methode und der Geochronologie.³²

Langzeit-Altersmodell

Die strikte Unterscheidung und Definition stratigraphischer Methoden regelt auch die Beziehung zur Geochronologie (s. Kasten, Tab.1). Die (relative) chronostratigraphische Skala ist unabhängig von einem geochronologischen Altersmodell; so kann prinzipiell jedes Altersmodell mit der chronostratigraphischen Skala verknüpft werden – sei es z. B. das von LYELL³³, GTS2012 oder ein anderes.

Die Dauer des Phanerozoikums konstruierte LYELL (1867–68) zu 12 Zyklen mit je 20 Millionen Jahren, insgesamt 240 Millionen Jahren. Den „Perioden“ Pliozän, Miozän, Eozän (insgesamt Tertiär) oder Kreide, Jura, Trias wies er jeweils einen Zyklus zu. Dabei operierte er im Rahmen seiner uniformitaristischen Lehre zwar mit physikalischen und biologischen Parametern, keine

Stratigraphie und (relative) Zeit: Begriffe, Definitionen, Konzepte, Auswirkungen

Zahlreiche der hier aufgeführten stratigraphischen Begriffe, Definitionen und Konzepte sind dem *Internationalen Stratigraphischen Leitfaden* (SALVADOR 1994, nachfolgend A) unmittelbar entnommen; stellenweise fließen Ergänzungen aus den *Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur* (STEININGER & PILLER 1999, nachfolgend B) und *The Geologic Time Scale 2012* (GRADSTEIN et al. 2012, nachfolgend C) ein.*

Der Leitfaden unterscheidet hauptsächlich drei stratigraphische Methoden, Litho-, Bio- und Chronostratigraphie, sowie Geochronologie. Die sorgfältigen Beschreibungen und Definitionen der Begriffe und Prozeduren machen deutlich:

Es gilt zu unterscheiden zwischen den

1. materiellen Gesteinskörpern (mitsamt den Fossilien), den empirischen Daten, und
2. deren Interpretationen (u. a. Entstehung, Umwelt (Environment), geologische Geschichte). Der Leitfaden will als eine Empfehlung verstanden werden. So heißt es u. a.: „Einzelne Organisationen oder Nationen sollen sich nicht verpflichtet fühlen, ihm [dem Leitfaden] oder einem Teil daraus zu folgen, es sei denn, dass sie von seiner Logik und seinem Wert überzeugt sind“ (A, 4).

Stratigraphie

Stratigraphie gilt der Beschreibung aller Gesteinskörper, die die Erdkruste aufbauen (auch der nicht geschichteten) (A, 13).

Lithostratigraphie

Lithostratigraphie ist jener „Teil der Stratigraphie, der sich mit der Beschreibung und der systematischen Gliederung der Gesteinsabfolgen der Erdkruste beschäftigt (...)“ (A, 31). Die *lithostratigraphische Klassifikation* gliedert „Gesteinskörper aufgrund ihrer lithologischen Eigenschaften in Einheiten“. Die formalen *lithostratigraphischen Einheiten* sind, hierarchisch aufsteigend: Bank oder Lage (bed), Subformation (member), Formation (formation), Gruppe (group). Die Formation ist die „Grundeinheit“ der *lithostratigraphischen Klassifikation*, insbesondere als kartierbare Einheit und zur Beschreibung und Interpretation der Geologie einer Region (A, 33).

„Beobachtbare lithologische Merkmale“ können u. a. „sedimentologischer, petrologischer, mineralogischer, paläontologischer, chemischer, physikalischer, morphologischer“ Natur sein (B, 6). Auch den Fossilinhalt gilt es zu berücksichtigen, aber als rein lithologisches Merkmal.

Biostratigraphie

„Jener Teil der Stratigraphie, der sich mit der Verteilung der Fossilien in der stratigraphischen Überlieferung sowie mit der Gliederung der Schichtfolgen in Einheiten auf Basis ihrer enthaltenen Fossilien beschäftigt“ (A, 55). Die biostratigraphische Basiseinheit ist die „Biostratigraphische Zone“ oder abgekürzt „Biozone“.

Chronostratigraphie

Chronostratigraphie ist „jener Teil der Stratigraphie, der sich mit den relativen Zeitbeziehungen und dem Alter der Gesteinskörper beschäftigt“ (A, 77) oder anders ausgedrückt mit „der relativen Zeitgliederung anhand von Gesteinskörpern“ (B, 4).

Die *chronostratigraphische Klassifikation* gliedert „die Gesteine der Erdkruste aufgrund ihres Alters oder der Zeit ihrer Entstehung in Einheiten“ (relativ, s. o.). Ihr Ziel ist es, „die Gesteine der Erdkruste in benannte Einheiten (chronostratigraphische Einheiten) zu gliedern, die Intervallen der geologischen Zeit (geochronologische Einheiten) entsprechen; [sie] dienen als eine Basis für eine Zeitkorrelation und ein Referenzsystem, um Ereignisse der geologischen Geschichte zu verzeichnen.“ Als „spezifische Zielsetzungen“ gelten „a) die Bestimmung lokaler [relativer] Zeitbeziehungen“ (die einfache Bestimmung der relativen Alterfolge von Schichten in lokalen Profilen, ohne Bezug zu chronostratigraphischen Einheiten) sowie „b) die Schaffung einer *Standardisierten Globalen Chronostratigraphischen Skala*“ (auch *Internationale Chronostratigraphische Skala*). Diese Skala „ist eine vollständige und systematisch angeordnete Hierarchie definierter und benannter *chronostratigraphischer Einheiten* mit regionaler und weltweiter Geltung. Eine derartige Hierarchie fungiert als Standard-Rahmenwerk, um das [relative] Alter von Gesteinskörpern auszudrücken und alle Gesteine der Erdgeschichte miteinander in Beziehung zu setzen. Die benannten Einheiten jeder Ebene dieser *Standardisierten Globalen Chronostratigraphischen Skala* umfassen, als Ganzes, die komplette stratigraphische Abfolge – ohne Lücken und ohne Überlappungen“ (A, 77-78). Die *chronostratigraphische Einheit* ist „ein Gesteinskörper, der alle Gesteine umfasst, die während eines bestimmten geologischen Zeitintervalls gebildet wurden (...) *Chronostratigraphische Einheiten* werden von synchronen Flächen begrenzt. Das relative Ausmaß dieser Einheiten und ihre Stellung in der *chronostratigraphischen Hierarchie* hängen von der Länge des Zeitintervalls ab (...) und nicht von ihrer physikalischen Dicke“ (A, 78). Etwas anders ausgedrückt: Chronostratigraphische Einheiten sind „Gliederungen von Gesteinskörpern auf der Grundlage der geologischen Zeit“ (A, 103). Und als weitere Funktion: Sie bilden die Grundlage für eine weltweite Kommunikation und Verständigung (A, 103).

Die formalen *chronostratigraphischen Einheiten* sind, hierarchisch aufsteigend: Stufe („Grundeinheit“), Serie, System, Ärathem, Äonothem (Abb. 3, Tab. 1).

Geochronologie

Die *Geochronologie* beschäftigt sich mit der „Datierung und Bestimmung der zeitlichen

Abfolge von Ereignissen in der Geschichte der Erde“ (A, 16).

Die *geochronologische Einheit* ist eine Einheit der geologischen Zeit; „Zeit, die durch geologische Methoden bestimmt wird“. Die *geochronologische Einheit* ist „kein Gesteinskörper und deshalb keine stratigraphische Einheit“ (A, 16); sie ist immateriell. Die formalen *geochronologischen Einheiten* sind, hierarchisch aufsteigend: Alter, Epoche, Periode, Ära, Äon (Abb. 3). Die konkreten Bezeichnungen allerdings sind identisch mit denen der *Chronostratigraphie* (Tab. 1): Das *geochronologische Äquivalent* zu Kreide (System, *chronostratigraphisch*) ist Kreide (Periode).

Das Sanduhr-Beispiel

„(...) eine chronostratigraphische Einheit kann mit Sand verknüpft werden, der während eines bestimmten Zeitintervalls durch eine Sanduhr fließt, die korrespondierende geochronologische Einheit dagegen kann mit dem bestimmten Zeitintervall verglichen werden, während der Sand fließt. Es kann gesagt werden, dass die Dauer des Sandflusses ein bestimmtes Zeitintervall misst – zum Beispiel eine Stunde – aber von dem Sand selbst kann nicht gesagt werden, dass er eine Stunde ist“ (A, 10-11).

Grenz-Definition der chronostratigraphischen Einheit (GSSP-Konzept)

Jeweils die Basis einer (globalen) chronostratigraphischen Einheit ist (wird) durch einen globalen Grenz- oder Referenzpunkt definiert (i. d. R. auf Stufenebene); durch formale Festlegung eines Grenzstratotypus-Punktes in einem Grenzstratotypus-Profil (Global Boundary Stratotype Section and Point, GSSP; A, 90-91; Abb. 5 und Abb. 7a/b). Eine Anforderung an solch einen Punkt ist sein hohes Korrelationspotential, möglichst weltweit.

Damit wird die *Globale Chronostratigraphische Skala* letztlich durch eine Folge von Grenzpunkten definiert; mit anderen Worten: Das „Konzept behandelt und definiert lediglich die Grenzen der Einheiten, aber nicht den Inhalt der Einheit [selbst]. In einem chronologischen Sinn liefert es die abstrakte Dauer der Einheiten, aber nicht deren Inhalt. Es definiert eine Abstraktion in der Zeit und nicht eine materielle Gesteinseinheit“ (C, 34).

Methodologisch ist es scheinbar die einzig denkbare konstruktive Möglichkeit; denn ein Punkt kann weder eine Lücke noch eine Überlappung besitzen (s. o.). Demzufolge kommt der (globalen) Korrelation die höchste Bedeutung zu. Ob allerdings eine vermeintlich vorgenommene Korrelation tatsächlich eine Synchronität darstellt, ist nicht oder nur selten überprüfbar. Aber „ohne Korrelation sind stratigraphische Einheiten und ihre konstituierenden Grenzen nicht von viel Nutzen und ohne Bedeutung für die Erdgeschichte“ (C, 36).

*jeweils in Übersetzung; kursive Hervorhebung durch den Autor.

Abb. 6 Das Spurenfossil *Treptichnus pedum*. Das die Spuren verursachende Tier ist nicht bekannt. Ältere Bezeichnungen sind *Phycodes pedum*⁶¹ und *Trichophycus pedum*. Fundort: Estland (Bohrung Jägala F-110), Zuordnung: Unterkambrium; s. PALIJ et al. (1979). Foto: <http://fossilid.info/3424> (CC BY-NC 3.0).



einzigste seiner Annahmen kann jedoch verifiziert werden (s. KOTULLA 2014, 2-32).

Die *Geologische Zeitskala 2012* (*Geologic Time Scale 2012*, GTS2012; Abb. 3) ist das Ergebnis der Verknüpfung der chronostratigraphischen Skala mit dem Altersmodell von GRADSTEIN et al. (2012). Das etablierte (radiometrische) Altersmodell in der Version von 2012 beruht auf etwas mehr als 260 ausgewählten Isotopenbestimmungen an geologischen Objekten bekannter stratigraphischer Stellung (z.B. Zirkonminerale vulkanischer Aschenlagen³⁴) und daraus abgeleiteter, interpretierter Alterswerte.³⁵ Der Basis des Kambriums wird ein Wert von 541 Millionen [radiometrischen] Jahren zugewiesen.³⁶

Ohne es ausdrücklich zu erwähnen, werden die interpretierten Isotopenalter der geologischen Zeitskala uneingeschränkt mit realem Alter gleichgesetzt. Die zugrunde liegende radiometrische Methode allerdings basiert ebenfalls auf fundamentalen Annahmen, die nicht verifiziert werden können (KOTULLA 2014).³⁷

Durch die Übernahme eines Altersmodells entstehen zahlreiche Wechselbeziehungen. Sie nehmen u. a. Einfluss auf die Interpretation geologischer Vorgänge der Vergangenheit, insbesondere wenn es um ihre Ablaufgeschwindigkeiten geht: Hebung und Senkung, Gebirgsbildung, Plattenbewegungen (Konzept der Plattentektonik); Erosion und Sedimentation; Aufstieg und Platznahme von Gesteinsschmelzen (Plutone); exzessive Lavaergüsse (Flutbasalte); Gesteinsumwandlung (Metamorphose); geomagnetische Polaritätswechsel und viele mehr.³⁸

Mit Bezug auf Sedimentation werden entweder einfach Durchschnittsraten ermittelt oder es entsteht z. B. folgende Situation: Ein 20-30 m mächtiger Crinoidenkalk³⁹ (Calcaire-à-entrouques-Formation, Burgund; Mitteljura) besteht aus einer Folge von 10-50 cm dicken Bänken, jede einzelne wird als „höchstwahrscheinlich in einigen Stunden sedimentiert“ interpretiert. Die physischen Bänke zeugen demnach von raschen Sedimentationsereignissen. So repräsentiere der gesamte Crinoidenkalk eine Bildungszeit von „möglicherweise nur einige Wochen, vielleicht

sogar nur Stunden“; dennoch wird der Formation aufgrund der radiometrischen Eichung und Interpolation eine Gesamtdauer von 500 000 [radiometrischen] Jahren zugewiesen (REY 1991, 22).⁴⁰ Aus solcherart Beispielen, die mehr die Regel als die Ausnahme sind (s. o. AGER), wird verallgemeinernd geschlossen, dass die Sedimentation oftmals unterbrochen und Ablagerungen nur einem Bruchteil der vergangenen Zeit entsprechen. Für das konkrete Beispiel würde es eine fortwährende, 100-malige Sedimentationsunterbrechung von durchschnittlich je etwa 5000 [radiometrischen] Jahren bedeuten; damit werden „Leerzeiten“ geschaffen. Im Ergebnis ist das so angewandte Langzeit-Altersmodell ebenso Interpretationsprinzip (Regulativ) wie der Uniformitarismus bzw. Aktualismus.

Zwischenfazit

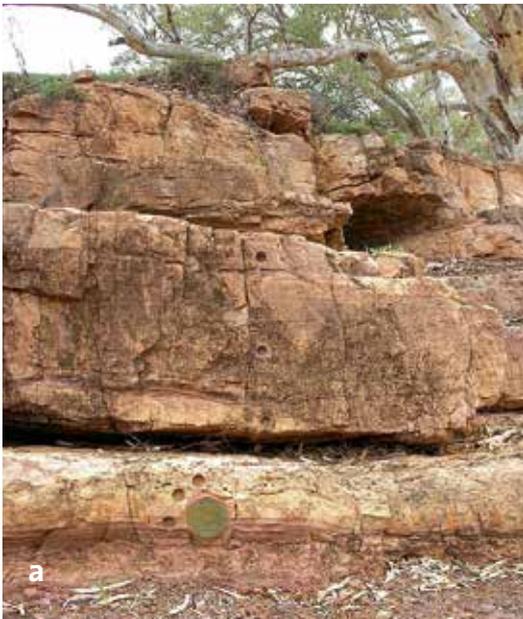
Das „Gesamtbild“ (das „Bild“, s. o. MURAWSKI) setzt sich aus miteinander in Bezug stehenden strukturellen und inhaltlichen Elementen zusammen: „Geschriebene“ Erdgeschichte ist im Ergebnis einerseits uniformitaristisch-fiktive Konstruktion („immerwährende Gegenwart“), Langzeit-Projektion und Evolution; andererseits ist die Gesteinsüberlieferung in eine abstrakte Zeit-relative, stratigraphische Skala überführt und mit einem Langzeit-konformen Altersmodell verknüpft. Dieses „Gesamtbild“ konstituiert das geologische Weltbild.

Die erdgeschichtliche Tabelle bzw. Skala – als Verdichtung der Erdgeschichte – enthält die zwei wesentlichen A-priori-Annahmen: *geologische (Lang-) Zeit* und *(Makro-) Evolution*. Sie werden aber nicht als A-priori-Annahmen kenntlich gemacht, sondern als Tatsachen präsentiert.

Wird nun beispielhaft der Begriff Kreide verwendet, so kann es sich um das konkrete Gestein handeln, die Schreibkreide, um die Schichten (formal Formationen), die den Gesteinskörper aus (Schreib-) Kreide beschreiben (Lithostratigraphie), um das Kreide-System, einen relativen

A-priori-Annahmen werden nicht als solche kenntlich gemacht, sondern als Tatsachen präsentiert.

(Zeit-) Abschnitt, der vor dem Paläogen-System und nach dem Jura-System „liegt“, und den diesem Abschnitt zugewiesenen Gesteinskörpern, die dann definitionsgemäß zwischen diesen beiden (Zeit-) Abschnitten gebildet wurden (Chronostratigraphie), oder um die Kreide-Periode, ein geologisches Zeitintervall zwischen 145 und 66 Millionen [radiometrischen] Jahren vor heute (Geochronologie).



In diesem Sinne ist es wichtig, je nach Kontext den gewünschten Begriff zu wählen bzw. zu konkretisieren und ggf. eine Abgrenzung vorzunehmen, welchen Vorstellungen und Konzepten ganz oder in Teilen gefolgt wird und welchen nicht (s. Kasten). Dies ist aber keineswegs einfach. Wird z. B. (Makro-) Evolution abgelehnt, ist selbst die Verwendung des Begriffs Kreide-System nicht angebracht. Denn das Kreide-System als chronostratigraphische Einheit ist Gliederungsteil der gesamten chronostratigraphischen Tabelle, die mit ihren *zoikum*-Begriffen bereits Evolution „eingebaut“ hat (s. o.). Wird das radiometrische Altersmodell abgelehnt, so ist eine vermeintlich „neutrale, ungeeichte“ Verwendung des Begriffs Kreide-Periode dennoch nicht angebracht, da der Gliederung die geologische Langzeit zugrunde liegt (s. o.). Auch die Verwendung der informellen Begriffe „Kreidezeit“ oder „kreidezeitlich“ bezieht sich i. d. R. auf die Periode (geochronologisch) und meint von 145 bis 66 Millionen [radiometrischen] Jahren vor heute. In diesen Fällen ist es beispielsweise möglich, sich primär auf das konkrete Gestein zu beziehen und die lithostratigraphischen Begriffe zu verwenden (z. B. der Crinoidenkalk der Calcaire-à-entroques-Formation; s. o.). Denn Grundlage des stratigraphischen Konzepts ist der materielle Gesteinskörper (Lithostratigraphie, s. Kasten).

Erkenntnistheorie und Logik – Suche nach der Wahrheit?

Ist die Suche nach der Wahrheit das Ziel geologischer Forschung? ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, 304) bejahen dies, aus erkenntnistheoretischen Überlegungen (eine Erhebung allerdings gibt es nicht): „Wahrheit“ bleibe das Ziel der

Forschung, auch wenn es keine Instanz gebe, die den theoretischen Resultaten das Siegel der Gewissheit verleihen könne. – Wahrheit aber wird in Anführungszeichen gesetzt, mit Verweis auf POPPER (1972, 47): „Wir suchen die Wahrheit, aber wir besitzen sie nicht.“

Es gilt noch einmal Uniformitarismus und Aktualismus aufzugreifen. GOULD (1990, 155) zufolge vertritt LYELL – kurz gesagt – den Standpunkt, dass die *geologische Wahrheit* durch strikte Befolgung des Uniformitarismus zu ermitteln sei. KRÖMMELBEIN (1976, 11–12) drückt es so aus: Mit dem Durchbruch actualistischer Vorstellungen von der langsamen Umbildung der anorganischen und organischen Welt sei schließlich der Weg für eine *wirklich* historische Betrachtung der erdgeschichtlichen Vergangenheit frei geworden. So erfährt Wahrheit als Leitidee bzw. Ziel wissenschaftlicher Forschung eine *Prädisposition*; die Wahrheit ist quasi bekannt, sonst könnte ja die *einzig richtige* Methode (bzw. der *einzig richtige* Weg) zu ihrer Ermittlung nicht determiniert werden.

ONCKEN (1995, 244) stellt die Kardinalfrage: „Wie können wir etwas über die Geschichte der Erde wissen (...)?“⁴¹ Seine Antwort heißt zwar auch Aktualismus, aber nur in einer Ausprägung als „methodologischer Aktualismus“.⁴² Er scheint einen Schritt weiter zu sein: Eine mögliche Wahrheitsnähe sei prüfbar. Was aber bleibt, ist Vermutungswissen – ohne Sicherheit. Nicht umsonst resümiert er: „Die geologische Forschung arbeitet ohne Netz.“

ENGELHARDT & ZIMMERMANN (1982, 367) fassen zusammen: „Geowissenschaftliche Theorien – so gewiss sie zu sein scheinen – können ebenso wenig wie die ihnen zugrunde liegenden regulativen Prinzipien ein ‚geologisches‘ Weltbild als gesicherte Abbildung der Realität in Raum und Zeit konstituieren.“ Auch sei dem Forscher

Abb. 7a Normaler Grenzpunkt des Ediacarium-Systems; Enorama Creek, Flinders Ranges, Südaustralien (Nuccalleena-Formation, Wilpena-Gruppe; KNOLL et. al 2006). Der Name leitet sich von der sog. Ediacara-Fauna ab. Die Grenze ist lithologisch und geochemisch definiert: Lithologisch mit dem letzten Auftreten von Diamiktiten, die als glaziale Ablagerungen interpretiert werden.⁶²

b Ein „goldener Nagel“ („golden spike“) markiert die Basis des Systems; der Grenzpunkt liegt im untersten Teil des unmittelbar den Diamiktit überlagernden sog. Hutkarbonats („cap carbonate“).⁶³ Der Ediacarium-Grenzpunkt ist etwa 18000 km vom Kambrium-Grenzpunkt entfernt (s. Abb. 5). Diskussion s. Textteil.

Fotos: Peter NEAUM (7a) und Bahudhara (7b); Wikimedia Commons (CC BY-SA 3.0).

in den geowissenschaftlichen Disziplinen durchaus bewusst, die Gültigkeit einer Theorie nicht definitiv „beweisen“ zu können.

Insofern entsteht ein Kommunikationsproblem, wenn „das von geowissenschaftlichen Theorien entworfene Universum der geolo-

„Die geologische Forschung arbeitet ohne Netz.“

gischen Vergangenheit oder einzelne Episoden desselben als Realität“ publiziert und verbreitet werden.⁴³ Die breite Öffentlichkeit kann diesen Transformationsprozess als solchen i. d. R. nicht differenzieren (s. u.), für sie ist das *als Realität* Publierte und Verbreitete *wirklich* Realität.

Das Machen von Fakten

Erklärung der Geologischen Gesellschaft von London

Zu dem von der UN-Generalversammlung ausgerufenen *Internationalen Jahr des Planeten Erde* (IYPE) im Jahr 2008 veröffentlichte die Geologische Gesellschaft von London⁴⁴ eine Erklärung (in Übersetzung⁴⁵):

„(...) Die Geologische Gesellschaft von London ist die älteste nationale gelehrte Gesellschaft für die Geowissenschaften in der Welt und verkörpert das kollektive Wissen von nahezu 10 000 Geowissenschaftlern weltweit. In ihrer aller Namen wünscht sie während des von den Vereinten Nationen ausgerufenen Internationalen Jahres des Planeten Erde folgende Fakten zu Protokoll zu geben, die schon lange als zweifelsfrei etabliert sind.

- Der Planet Erde wurde zusammen mit den anderen Planeten im Sonnensystem vor etwa 4560 Millionen Jahren gebildet.

- Leben existierte auf der Erde für Tausende von Millionen von Jahren. Es hat sich in seine heutige Form durch eine Kombination von genetischer Variation und natürlicher Selektion entwickelt –, und wahrscheinlich wird es auf diese Weise weitergehen, solange es fortfährt zu existieren.

- Das eingehende Studium der Struktur und der Organisation lebender Tiere und Pflanzen weist deutlich auf ihre gemeinsame Abstammung hin, und die Abfolge der Formen in der fossilen Überlieferung sowie die genetische Aufzeichnung, die in jedem lebenden Organismus enthalten ist, liefern schlagkräftige Beweise für die Realität der Evolution.“

Es wird das faktische Bestehen mehrerer Sachverhalte (die „Fakten⁴⁶“) behauptet: Die Bildung der Erde zusammen mit den anderen

Planeten des Sonnensystems vor rund 4,6 Milliarden Jahren; eine Entwicklung des Lebens in seine heutige Form (Nennung konkreter Mechanismen) und seine Existenz seit über 1 Milliarde Jahren; die Quasi-Realität der Evolution, seitdem es Leben gibt (vgl. Abb. 3 und 4).

Es wird nicht das mögliche (hypothetische) Bestehen dieser Sachverhalte behauptet – sie beruhen nämlich auf (nicht verifizierbaren) fundamentalen Annahmen und Voraussetzungen, die aber scheinbar nach allgemeinem Konsensus innerhalb der wissenschaftlichen (Geo-)

Ein Prozess in den Wissenschaften: Mutmaßungen oder Spekulationen können in Fakten transformiert werden.

Gemeinschaft nicht mehr in Zweifel gezogen werden. So werden die mitgeteilten Sachverhalte als *Tatsachen* dargestellt (vgl. ENGELHARDT & ZIMMERMANN 1982, 23–24). Dies ist wohl mit Etablierung gemeint. Die Form der *Tatsachen*-Darstellung ist also keineswegs unbeabsichtigt, sie ist bewusst gewählt.⁴⁷

Die Konstruktion wissenschaftlicher Fakten

Anhand eines von LATOUR & WOOLGAR (1986, 76–80) vorgeschlagenen Prozederes kann überprüft und gegebenenfalls nachverfolgt werden, wie aus Mutmaßungen oder Spekulationen Fakten (Tatsachen) erwachsen. Dem Prozedere liegt eine hierarchische Klassifikation wissenschaftlicher Aussagen („statements“) zugrunde⁴⁸:

Typ 1: Mutmaßungen und Spekulationen.

Typ 2: Behauptungen von Beziehungen oder Aussagen von vorläufigen Beziehungen zwischen wissenschaftlichen Tatsachen/Prozessen.

Typ 3: Aussagen, die Bezüge (Referenzen) zu früheren Arbeiten beinhalten, um eine vorgeschlagene Beziehung zu unterstützen.

Typ 4: Lehrbuchartige Aussagen von etablierten Fakten oder Beziehungen.

Typ 5: Als erwiesen angenommene Fakten, die keiner (weiteren) unterstützenden Referenz bedürfen.

Offensichtlich können die Fakten-Aussagen der Erklärung der Geologischen Gesellschaft von London als Typ-5-Aussagen klassifiziert werden. Für jede Aussage wäre nunmehr festzustellen⁴⁹, wann „Prämissen als unproblematisch produziert“ wurden und durch weitere Anwendung dieser Praktiken ein Beitrag zur „Transformation in Fakten“⁵⁰ geleistet worden ist.⁵¹

Abschließende Bemerkung

„Erdgeschichte“ ist gemacht worden. Die vermeintlich „zweifelsfrei etablierten Fakten“ haben als Tatsachen oder Quasi-Tatsachen bereits über Generationen Einzug in das staatliche Verwaltungs- (z. B. geologische Dienste) und Bildungswesen genommen und das gesellschaftliche Leben durchdrungen. Es wird sogar überlegt, ob „Erdgeschichte“ bereits in der Grundschule vermittelt werden sollte (Studie von SOLCHER 2007).

Es gilt, „Erdgeschichte“ nicht wie ein Produkt millionenfach zu kopieren und zu verbreiten, sondern ebenso die „Umstände ihrer Erschaffung“⁵² in decodierter Weise darzulegen und mitzuliefern.⁵³ Denn nur so kann die von der Geologie geschriebene „Erdgeschichte“ auch verstanden werden.

Dank: Für eine Durchsicht des Manuskripts und wertvolle Hinweise danke ich Dr. Martin ERNST, darüber hinaus Dr. Reinhard JUNKER für zahlreiche Vorschläge zur Verbesserung der Verständlichkeit.

Literatur

- AGER DV (1993) The nature of the stratigraphical record. 3rd ed., Chichester.
- BABCOCK LE, PENG S, ZHU M, XIAO S & AHLBERG P (2014) Proposed reassessment of the Cambrian GSSP. *Journal of African Earth Sciences* 98, 3–10.
- BRASIER M, COWIE J & TAYLOR M (1992) Decision on the Precambrian-Cambrian boundary stratotype. *Episodes* 17, 3–8.
- BUCKLAND W (1836) *Geology and Mineralogy Considered with Reference to Natural Theology*. Vol. 1, London.
- DARWIN C (1859) *On the Origin of Species by Means of Natural Selection, or the Preservation of Favoured Races in the Struggle for Life*. London.
- DARWIN C (1872) *The Origin of Species*. 6th ed., London.
- ENGELHARDT W FRH V & ZIMMERMANN J (1982) *Theorie der Geowissenschaft*. Paderborn, München, Wien, Zürich.
- Geological Society of London (2008) „Young Earth Creationism“, „Creation Science“ and „Intelligent Design“. <http://www.geolsoc.org.uk/creationism>; Zugriff 18. 5. 2016.
- GOULD SJ (1990) Die Entdeckung der Tiefenzeit. Zeitpfeil oder Zeitzyklus in der Geschichte unserer Erde. München, Wien.
- GRADSTEIN FM, OGG JG, SCHMITZ MD & OGG GM (eds) (2012) *The Geologic Time Scale 2012*. Volume 1/2, Oxford Amsterdam.
- HUTTON J (1788) *Theory of the Earth; or an Investigation of the Laws Observable in the Composition, Dissolution, and Restoration of Land upon the Globe*. *Transactions of the Royal Society of Edinburgh* 1(2), 209–304.

- KNOLL AH, WALTER MR, NARBONNE GM & CHRISTIE-BLICK N (2006) The Ediacaran Period: a new addition to the geologic time scale. *Lethaia* 39, 13–30.
- KOTULLA M (2014a) Gültigkeit und Grenzen geologischer Zeitbestimmung. Online-Loseblattsammlung, Stand: 1. Ergänzungslieferung 03/2014; <http://www.wort-und-wissen.de/loseblattsammlung.html>.
- KOTULLA M (2014b) Megafloten. *Stud. Integr. J.* 21, 4–11.
- KOTULLA M (2015) *Geologie und Genesis: Ursprung und Popularisierung früher Harmonisierungsversuche*. *Stud. Integr. J.* 22, 68–78.
- KOTULLA M (2016) Der explosive Ausbruch des Laacher-See-Vulkans. *Stud. Integr. J.* 23, 111–116.
- KRÖMMELBEIN K (1976) *Brinkmanns Abriß der Geologie*. Zweiter Band: Historische Geologie. 10./11. Auflage, Stuttgart.
- LATOUR B & WOOLGAR S (1986) *Laboratory Life: The Construction of Scientific Knowledge*. 2nd ed., Princeton, NJ.
- LOTZE R (1922) *Jahreszahlen der Erdgeschichte*. Stuttgart.
- LOTZE F (1968) *Geologie*. Sammlung Götschen Band 13/13a, Berlin.
- LYELL C (1830–33) *Principles of Geology. Being an Attempt to Explain the Former Changes of the Earth's Surface by Reference to Cause Now in Operation*. London.
- LYELL C (1867–68) *Principles of Geology*. 2 vols., 10th ed., London.
- MURAWSKI H (1977) *Geologisches Wörterbuch*. Stuttgart.
- ONCKEN O (1995) Der Aktualismus oder Geologie ohne Netz. [The principle of uniformitarianism of geology without a net]. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie, Abhandlungen*, 198, 243–274.
- PALIJ VM & POSTI E & FEDONKIN MA (1979) Soft-bodied Metazoa and trace fossils of Vendian and Lower Cambrian. In: URBANCK A & ROZANOV AY (eds) *Upper Precambrian and Cambrian Paleontology of East-European Platform*, 49–82.
- POPPER K (1972) *Objective knowledge*. Oxford.
- REY J (1991) *Geologische Altersbestimmung. Biostratigraphie, Lithostratigraphie, absolute Datierung*. Übersetzt und überarbeitet von W. Riegraf und C. Schmitt-Riegraf, Stuttgart.
- RUST J (2011) *Fossilien – Meilensteine der Evolution*. Darmstadt.
- SALVADOR A (1994) (ed) *International Stratigraphic Guide*. 2nd ed.
- SOLCHER J (2007) *Erdgeschichte in der Grundschule? Neue Themen und Wege für den Sachunterricht*. Diss., Hamburg.
- STEININGER FF & PILLER WE (1999) (Hg) *Empfehlungen (Richtlinien) zur Handhabung der stratigraphischen Nomenklatur*. *Cour. Forsch.-Inst. Senckenberg* 209, 1–19.
- UNGER F (1851?) *Die Urwelt in ihren verschiedenen Bildungsperioden*. 14 landschaftliche Darstellungen mit erläuternden Texten.
- WHEWELL W (1832) *Lyell's Principles of Geology*, Volume 2. *Quarterly Review*, 103–132.
- WHEWELL W (1837) *History of inductive sciences. From the earliest to the present times*. Vol. 3, London.

Anschrift des Verfassers:

*Michael Kotulla, SG Wort und Wissen,
Rosenbergweg 29, 72270 Baiersbronn;
E-mail: m.kotulla@wort-und-wissen.de*