

- LOFTUS RT, MACHUGH DE, BRADLEY DG, SHARP PM & CUNNINGHAM P (1994) Evidence for two independent domestications of cattle. *Proc. Natl. Acad. Sci. U.S.A.* 91, 2757-2761.
- LUNT DH & HYMAN BC (1997) Animal mitochondrial DNA recombination. *Nature* 387, 247.
- MASON IL (Hg) (1984) Evolution of domesticated animals. London.
- PÄÄBO S (1996) Mutational hot spots in the mitochondrial microcosm. *Am. J. Hum. Genet.* 59, 493-496.
- PARSONS TJ, MUNIEC DS, SULLIVAN K, WOODYATT N, ALLISTON-GREINER R, WILSON MR, BERRY DL, HOLLAND KA, WEEDN VW, GILL P & HOLLAND MM (1997) A high observed substitution rate in the human mitochondrial DNA control region. *Nature Genet.* 15, 363-368.
- PENNY D, STEEL M, WADDELL PJ & HENDY MD (1995) Improved analyses of human mtDNA sequences support a recent African origin for *Homo sapiens*. *Mol. Biol. Evol.* 12, 863-882.
- ROYLE NJ, ARMOUR JAL, WEBB M, THOMAS A & JEFFREYS AJ (1992) A hypervariable locus D16S309 located at the distal end of 16p. *Nucl. Ac. Res.* 20, 1164.
- SCHERER S (1990) The protein molecular clock: time for a reevaluation. *Evol. Biol.* 24, 83-106.
- VIGILANT L, STONEKING M, HARPENDING H, HAWKES K & WILSON AC (1991) African populations and the evolution of human mitochondrial DNA. *Science* 253, 1503-1507.
- VILÀ C, SAVOLAINEN P, MALDONADO JE, AMORIM IR, RICE JE, HONEYCUTT RL, CRANDALL KA, LUNDEBERG J & WAYNE RK (1997) Multiple and ancient origins of the domestic dog. *Science* 276, 1687-1689.
- WILLS C (1995) When did Eve live? An evolutionary detective story. *Evolution* 49, 593-607.
- WISE CA, SRAML M, RUBINSZTEIN DC & EASTALE S (1997) Comparative nuclear and mitochondrial genome diversity in humans and chimpanzees. *Mol. Biol. Evol.* 14, 707-716.
- WOLPOFF MH (1989) Multiregional evolution: the fossil alternative to eden. In: MELLARS P & STRINGER C (eds) *The Human Revolution. Behavioural and biological perspectives on the origin of modern humans*. Edinburgh, pp 62-108.
- ZHANG Y & RYDER OA (1995) Different Rates of Mitochondrial DNA Sequence Evolution in Kirk's Dik-dik (*Madoqua kirkii*) Populations. *Mol. Phyl. Evol.* 48, 291-297.

## Charles Lyell (1797-1875) und die Uniformität der Natur

Thomas Fritzsche, Bahnhofstr. 2, 37139 Adelebsen

**Zusammenfassung:** Charles Lyell, Naturalist durch Vererbung und Gelegenheit (BAILEY 1962, S. 2), gilt vielen als der eigentliche Begründer der Geologie. Seine Doktrin des Uniformitarismus, eine Sichtweise, die für die Beschreibung der Vergangenheit nur heutige Prozesse und heutige Raten der Veränderung zulässt, prägte die Geologie für mehr als ein Jahrhundert. Lyell sah sich in dauernder Auseinandersetzung mit dem geologischen Katharismus, dem vermeintlich noch die Verwandtschaft zur biblischen Sintflut anzumerken war. Er hatte dem Genesisbericht der Bibel und allen sich daraus ergebenden kirchlichen Eingriffen in die Wissenschaft den Kampf angesagt. Sein erstes Kampfmittel war eine ausgefeilte Geschichtsschreibung in den einleitenden Kapiteln der *Principles of Geology*: nur diejenigen waren dem rechten Weg gefolgt, die seine eigene Interpretation antizipiert hatten. Hingegen wurden die Theorien anderer Forscher nur entstellt wiedergegeben. Sein zweites Kampfmittel und zugleich seine Stärke war die unermüdliche Begeisterung für das Fach. Beharrungsvermögen, fachliches Können und gesellschaftliches Ansehen sicherten ihm Anerkennung. Lyells *Principles* legten den Grundstein für die Selektionstheorie Charles Darwins. Beide Forscher waren eng befreundet, auch wenn Lyell den Evolutionsgedanken in letzter Konsequenz nicht befürwortete. Die von Lyell propagierte beengende Form des Uniformitarismus wurde von vielen Geologen seiner Zeit nicht akzeptiert; oft wurden Lyells Gedanken gar nicht durchschaut. Der moderne Katharismus in der

Geologie führte zu einer Neubewertung des Einflusses von Lyell und seiner ursprünglichen Intention.

### Einleitung

Als Charles Lyell die Erdgeschichte zu seinem Forschungsgebiet erwählte, war die Geologie bereits institutionalisiert. Die Gründung der Bergakademie in Freiberg 1765 erfolgte primär aus den Erfordernissen des Bergbaus, doch die später entstehenden Organisationen wie die Geological Society of London (1807) oder die Wernerian Natural History Society (1809) pflegten die Geologie um ihrer selbst willen<sup>1</sup>. In Frankreich, Deutschland und Großbritannien wurde das neue Forschungsgebiet engagiert vorangetrieben. Die Stellung der Wissenschaftler war in den Ländern verschieden. Französische Forscher übten meist auch politische Funktionen aus, deutsche Forscher standen als Professoren in Staatsdiensten, in England jedoch nahmen sich finanziell unabhängige Leute der Geologie an (MORRELL 1976).

Bereits in den ersten Jahren des 19. Jahrhunderts hatte eine kleine Schar von Enthusiasten die Grundlagen für die geologische Wissenschaft geschaffen. Einer aus diesem Kreis, William Buckland (1784-1856), lehrte in Oxford seit 1813 Mineralogie und



Abb. 1: Charles Lyell (1797-1875) kurz vor seinem Tod (AKG Berlin).



## Lebenslauf

geb. am 14. 11. 1797 in Kinnordy, Forfarshire, Schottland  
 bis 1815 Kindheit und Schulzeit in Südengland  
 ab Jan. 1816 am Exeter College in Oxford  
 1818 und 1820 Schweiz und Italien  
 1820 bis 1827 zeitweise als Rechtsanwalt gearbeitet  
 12. 7. 1832 Trauung mit Mary Horner in Bonn  
 1830 bis 1833 Erscheinen der drei Bände *Principles of Geology*  
 1835 bis 1837 Präsident der Geological Society  
 1838 Erscheinen der *Elements of Geology*  
 1845 Erscheinen der *Travels to North America* (2 Bände)  
 1848 in den Adelsstand erhoben, fortan: Sir Charles Lyell  
 1849 wieder Präsident der Geological Society  
 1863 Erscheinen der *Antiquity of Man*  
 gestorben am 22. 2. 1875 in London

wurde mit der Einrichtung eines entsprechenden Lehrstuhls 1819 Professor für Geologie; einer seiner aufmerksamsten Schüler war Charles Lyell. Buckland war entschiedener Katastrophist, überzeugt von einer letzten großen Überflutung, die mit der biblischen Sintflut assoziiert wurde. Die Katastrophisten gingen davon aus, daß die älteren Gesteinseinheiten durch geologische Prozesse und Umwälzungen von einer Art und Intensität entstanden waren, die die Menschheit seit der Sintflut nicht mehr erlebt hatte. Heutige Prozesse waren folglich nicht zureichend, Vergangenes adäquat zu beschreiben. Hinsichtlich der Fossilabfolge waren die Katastrophen-Vertreter in der Mehrzahl Progressionisten oder Direktionalisten, d.h. sie vertraten eine gerichtete Entwicklung von primitiven zu immer höher entwickelten Lebewesen, zuletzt mit dem Menschen als Krone der Schöpfung.

Die ersten geologischen Karten lagen vor. Während Cuvier (1769-1832) und Brogniart (1770-1847) die Gliederung des Tertiärs im Pariser Becken vornahmen, gingen englische Geologen an die Erforschung paläozoischer Ablagerungen. Unter dem Einfluß von William Smith (1769-1839)<sup>2</sup> in England und v. Schlotheim (1764-1832) in Deutschland hatte sich das Leitfossilprinzip, d.h. das formations- und zeitgebundene Auftreten der Fossilien, durchgesetzt (HÖLDER 1989, S. 178). Der Streit zwischen den Neptunisten und Vulkanisten/Plutonisten hatte sich zugunsten der letzteren entwickelt (vgl. FRITZSCHE 1997). Als Folge der unglücklichen Auseinandersetzungen hatte sich in Großbritannien eine kritische Haltung gegenüber dem Theoretisieren gebildet. In dieser Phase trat Charles Lyell auf und schlug ein methodisches Vorgehen in der Geologie sowie ein darauf gegründetes Modell der Erdgeschichte vor.

## Lebenslauf

Charles Lyell wurde 1797 auf dem Landsitz seiner Familie in Kinnordy in Schottland geboren. Es war

das gleiche Jahr, in dem sein Landsmann James Hutton (1726-1797) starb, auf dessen geologische Vorstellungen Charles eines Tages aufbauen sollte. Bald nach seiner Geburt zog die Familie nach Südengland. Während der Schulzeit wurde Charles' Interesse für die Natur geweckt. Er sammelte Schmetterlinge, Motten, Käfer und Vogeleier. Dank entsprechender Bestimmungsbücher aus der Bibliothek seines Vaters, der durch Beiträge zur Botanik und italienischen Literatur bekannt geworden war, gelangte Charles zu ansehnlichen Sammlungen.

Von 1816 bis 1819 studierte er am Exeter College in Oxford klassische Philologie und Mathematik und konzentrierte sich ab 1820 auf die Rechtswissenschaften. Seiner Ausbildung bei einem Rechtsanwalt folgte eine halbherzige Tätigkeit als Anwalt (barrister). Das Reisen war die liebste Beschäftigung der Familie, es sollte auch Charles' Leben bestimmen. Auf seiner ersten Reise durch Europa 1818 sammelte er früh Anschauungsmaterial<sup>3</sup>. Die Wirkung geologischer Prozesse zeigte sich eindrucksvoll in Zug in der Schweiz. Vor 12 Jahren hatte sich dort ein Bergsturz ereignet und ein Dorf begraben. Die Ablagerungen überdeckten diejenigen eines noch älteren Bergsturzes. Diese Stelle wurde von Charles ebenso inspiziert wie ein Tal bei Martigny. Wenige Wochen zuvor war dort ein natürlicher Damm gebrochen und das Wasser eines durch eine Barriere aus Gletschereis aufgestauten Sees war durch das Tal geströmt. Die Bevölkerung war rechtzeitig gewarnt worden, so daß nur 25 Menschen ums Leben kamen. Solche Ereignisse hinterließen geologische Spuren. Was konnten sie bewirken, wenn sie immer wieder auftraten?

1823 reiste Lyell alleine nach Frankreich. In Paris traf er u.a. George Cuvier und Alexander von Humboldt (1769-1859). Auf der Exkursion mit Constant Prévost (1787-1856) machte ihn dieser mit dem Tertiär des Pariser Beckens vertraut. Ein Jahr später kam Prévost nach England und untersuchte mit Lyell zusammen Südengland. Im Sommer widmete sich Lyell der schottischen Geologie, erst mit Buckland, dann mit James Hall (1761-1832), von dem er auch an die berühmte Stelle geführt wurde, wo Hutton den Beweis für seine plutonistische Deutung fand (FRITZSCHE 1997). Lyell kann zu diesem Zeitpunkt schon als Geologe angesehen werden. In seiner Funktion als Sekretär der Geological Society referierte er 1826 die jüngsten geologischen Arbeiten und nutzte die Gelegenheit, um die Notwendigkeit der Beschreibung heutiger Prozesse zur Erklärung der Erdvergangenheit hervorzuheben. 1827 diente ihm Poulett Scopes *Memoir on the geology of central France* als Aufhänger, um diese Forderung zu unterstreichen.

Von Mai 1828 bis Februar 1829 war Lyell in Frankreich und Italien unterwegs, 6 Monate davon mit den Murchisons. Roderick Murchison (1782-1871) forderte ihn auf, noch nach Sizilien zu reisen, dort würde er eindrucksvolle Beweise für seine Vor-



stellung von der Uniformität geologischer Prozesse finden<sup>4</sup>. Zuvor hatten sie zusammen die Talbildung studiert und Scopes Folgerung bestätigt, daß sich Flüsse ihr eigenes Tal graben<sup>5</sup>. Damit hatte sich Lyell von seinem Lehrer Buckland losgesagt, der für die Talbildung einstige großflächige Überschwemmungen annahm; die heutigen Flüsse betrachtete Buckland in ihrer Wirkung in der Regel als zu schwach, um die Täler geformt zu haben.

Von 1831 bis 1833 nahm Lyell den Ruf auf den Lehrstuhl für Geologie am King's College in London an<sup>6</sup>. Die Vorlesungen waren sehr gut besucht, da sich Lyell dafür eingesetzt hatte, auch Frauen zuzulassen. Dies wurde einige Monate später wieder untersagt, weil die Anwesenheit der Frauen angeblich die Aufmerksamkeit der jungen Studenten ablenkte. Daraufhin sank die Zahl der Hörer beträchtlich. Die dienstlichen Verpflichtungen nahmen Lyell stark in Anspruch, die Bezahlung konnte den Aufwand nicht angemessen ausgleichen. Lyell entschloß sich deshalb, seinen Lebensunterhalt als Schriftsteller zu verdienen. Damals herrschte in den gebildeten Kreisen ein lebhaftes Interesse an der Geologie; dem konnte Lyell genügen.

1832 heiratete er die Tochter von Leonard Horner (1785-1864), dem ersten Rektor der University of London; die kirchliche Trauung fand in Bonn statt. Die Hochzeitsreise entwickelte sich zu einer Exkursion rheinaufwärts bis in die Schweiz und zum Lago Maggiore. Nach Abschluß seiner Vorlesungen am King's College wurde Lyell zum Präsidenten der Geological Society gewählt. Er hatte sich um diesen Posten nicht beworben, sondern er war einfach an der Reihe. Fortan war er bemüht, offizielle Ämter abzulehnen, um sich mehr seiner Geologie widmen zu können. Charles Darwin gab er den gleichen Rat.

Lyell, der wie viele seiner Zeitgenossen auf Umwegen zur Geologie gekommen war, mußte sich Gedanken um die Finanzierung seiner Forschungen machen. Zwar kam sein Vater für den Unterhalt auf, doch würde das Geld angesichts der geplanten Exkursionen etwas knapp werden. So waren die *Principles of Geology* nicht nur das Werk, in dem Lyell seine Theorie vorstellte, sie wurden zugleich eine sprudelnde Einnahmequelle.

Das Leben der Lyells, die kinderlos blieben, war neben den gesellschaftlichen Kontakten geprägt von Charles' Schreibtätigkeit und vielen gemeinsamen Exkursionen, u.a. nach Frankreich, Italien, Deutschland, Skandinavien und den Kanarischen Inseln. 1841 reisten sie für 13 Monate in die USA und

**Band I****Kapitel**

- 1 Definition von Geologie und Abgrenzung gegen andere Disziplinen
- 2-5 Geschichte der Geologie
- 6-8 Klimaänderungen in der Erdvergangenheit
- 9 Kritik an der progressiven Entwicklung des Lebens
- 10-12 Erodierende Wirkung fließenden Wassers
- 13-14 Ablagerungen
- 15-16 Erodierende Wirkungen von Meeresströmungen und Gezeiten
- 17 Sedimentation in Meeresbecken
- 18-22 Vulkanische Erscheinungen
- 23-26 Erdbeben und deren Auswirkungen

**Band II**

- 1 Kritik an Lamarck
- 2-4 Beständigkeit der Arten
- 5-7 Geographische Ausbreitung der Arten
- 8-10 Biologisches Gleichgewicht; Veränderungen durch das Einwandern neuer Arten; anthropogene Einflüsse, Wandel durch geologische und klimatische Veränderungen
- 11 Aussterben von Arten und die Frage, ob sich neue Arten aus alten entwickeln können

- 12-13 Einfluß der Vegetationsdecke; Entstehung von Torf und darin enthaltene Fossilien
- 14-17 Einbettung von Organismen in jungen Ablagerungen
- 18 Bildung von Korallenriffen

**Band III****12-seitiges Vorwort**

- 1 Überleitung aus ersten Bänden; Betonung der Untersuchung gegenwärtiger Prozesse
  - 2-4 Unterscheidung der Formationen; relative Altersbeziehungen
  - 5 Gliederung des Tertiärs
  - 6-8 Gliederung des Neueren Pliozäns
  - 9-11 Neueres Pliozän
  - 12-14 Älteres Pliozän
  - 15-16 Miozän
  - 17-20 Eozän
  - 21-22 Abtragung des Weald
  - 23 Ältere Formationen
  - 24 Alter der Gebirge
  - 25-26 Klassifizierung und Entstehungsalter der sog. primären Gesteine
- Anhang: Die Schichtenfolge in Europa, Liste der von Deshayes bestimmten fossilen Muscheln, Glossar

nach Kanada; es war der erste von insgesamt vier Nordamerika-Aufenthalten. Lyell war überall gefragt. Am Lowell-Institut in Boston mußte er seine Vorlesung wiederholen. Obwohl vorab Eintrittskarten ausgegeben worden waren, war der Andrang so gewaltig, daß nur durch eine weitere Veranstaltung die Zuhörerzahl auf jeweils 1500 beschränkt werden konnte. Lyell war von den gewaltigen Investitionen in die Wissenschaft beeindruckt. Im Gegensatz zu England ließ man in den USA das Geld Forschern zukommen und steckte es nicht in Prunkbauten.

Die Lyells gehörten der Intelligenzija Londons an. Es war der ideale Platz, um in Tuchfühlung zur wissenschaftlichen und gesellschaftlichen Elite zu bleiben. Lyell traf sich auch mit dem Prinzgemahl Albert, der sich sehr für die Naturwissenschaften interessierte. Als Lyell die Königin Victoria im Jahr 1863, zwei Jahre nach dem Tod von Albert, besuchte, hatte diese bereits in *Antiquity of Man* gelesen und unterhielt sich darüber angeregt mit ihm. Lyell nahm bis an sein Lebensende lebhaft Anteil am Fortgang der Geologie. Daß er seine eigenen Anschauungen revidierte, wenn er sie für überholt hielt, war seinem Ansehen auf Dauer förderlich.

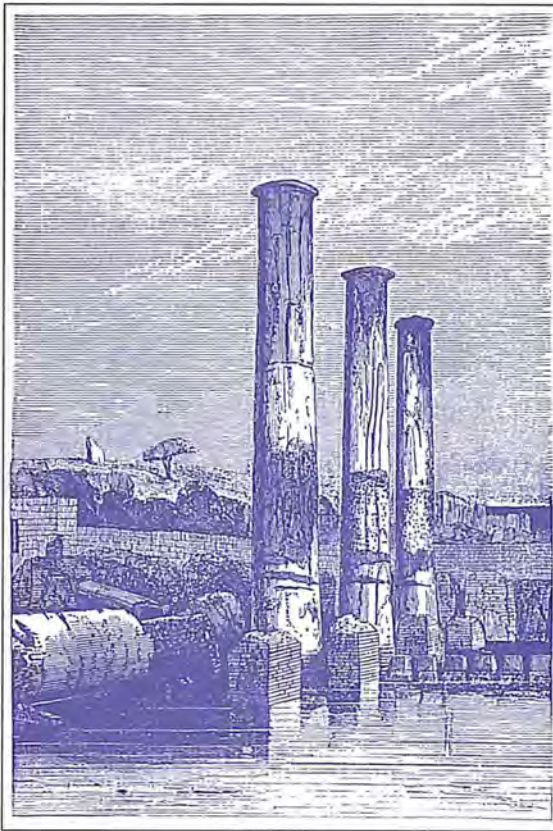
## Lyells „Principles“

Vor dem Erscheinen der *Principles* hatte Lyell bereits acht Fachartikel über Geologie verfaßt und drei Übersichtsartikel für den Quarterly Review geschrieben. Die *Principles* sollten anfangs ein kurzes Lehrbuch darüber werden, wie Geologie zu betreiben sei, entwickelten sich dann aber zu einem

*Tab. 1: Inhalt der Principles of Geology in Stichworten. Aus der Kapitelliste läßt sich ablesen, wie Lyell versucht hat, seine Theorie zu entwickeln. In späteren Auflagen wurden die Kapitel überarbeitet und umgestellt.*



Abb. 2: Das Frontispiz zum ersten Band der *Principles*. Die drei Säulen auf einem Marktplatz aus dem 2. Jahrhundert v. Chr. bei Pozzuoli (Neapel, Italien), die früher als der Serapistempel angesehen wurden. Nach der Römerzeit war die Gegend unter den Meeresspiegel gesunken, was an den Bohrlöchern mariner Organismen zu erkennen ist. Seit 1502 hatte sich der Landstrich infolge vulkanischer Aktivität und Erdbeben wieder gehoben, 1538 sogar um 7 Meter binnen 2 Tagen (Geology 21, 1993, S. 239-242). Lyell konnte damit die Geschwindigkeit (Veränderungsrate) geologischer Prozesse verdeutlichen (aus: *Principles* Bd. 1, 11. Aufl. 1873).



großen Projekt. Der erste Band erschien 1830, eine erste Fassung hatte Lyell nach eigenen Aussagen schon 1827 eingereicht, sah sich aber nach seinem Frankreich/Italien-Aufenthalt zu einer gründlichen Überarbeitung veranlaßt. Der zweite Band wurde 1832 herausgegeben, nachdem sich Lyell wegen des Umfangs zu einer Teilung entschlossen hatte. Die *Principles* wurden von Fachkollegen wie wissenschaftlich Interessierten begierig aufgenommen, so daß noch vor Erscheinen des dritten Bandes 1833 die zweite Ausgabe von Band 1 und 2 fällig wurde. Die *Principles* erlebten insgesamt 11 Auflagen (siehe Tab. 1).

Eingebettet in die Schilderungen geologischer und biologischer Beobachtungen, enthielten die *Principles* Lyells ureigenste Vorstellung der Erdgeschichte, die in diesem Beitrag näher betrachtet werden soll. Dagegen wurden die *Elements of Geology* zu dem, was man ein klassisches Lehrwerk nennt. Sie waren gewissermaßen ein Kompendium der *Principles*, aber ohne deren theoretischen Überbau. Durch die ständige Überarbeitung der *Principles* und der *Elements* wurde Lyells ursprüngliches Ziel mit der Zeit verwischt; die heute befremdlich wirkenden Passagen in der ersten Auflage der *Principles* gerieten somit in Vergessenheit.

Die Berichte von den USA-Reisen: *Travels to North America*, in denen sich auch viele gesellschaftspolitische Betrachtungen finden, zeugen eher von der Absicht, die Reisekasse nachträglich wieder zu füllen. Lyells erste Reaktion auf Darwins *Origin of Species* war *Antiquity of Man* (1863). Er hatte einige Jahre lang Ablagerungen studiert, in denen fossile Menschen oder Artefakte gefunden worden waren und akzeptierte nun ein höheres Alter der Menschheit.

## Die geologische Geschichtsschreibung in den „Principles“

Lyell nähert sich der Darstellung seiner Erdtheorie in den *Principles* auf Umwegen, zuerst erläutert er die Entwicklung des Fachgebiets bis hin zu seiner Zeit. Einer chronologischen Gliederung folgend beginnt er mit einem Rückblick auf die seit Jahrtausenden gehegten geologischen Vorstellungen. Zunächst werden die Beiträge oder Kosmogonien der Ägypter, Griechen und Römer behandelt. Den arabischen Schreibern des 10. Jahrhunderts folgen die Anfänge geologischer Überlegungen in Europa ab dem 16. Jahrhundert. Einen Schwerpunkt in Lyells Zusammenfassung bilden die italienischen Autoren des 17. und 18. Jahrhunderts. Seine Vertrautheit mit der italienischen Sprache führte zur Ansicht, Lyell habe die entsprechenden Arbeiten gründlich studiert (so BAILEY 1962, S. 82). Doch läßt sich zeigen, daß er sich überwiegend an eine 1817 erschienene Arbeit von Brocchi gehalten hat, ohne seine Quelle deutlich zu würdigen. Brocchi hatte die alten Texte bereits gemäß seiner von Werner geprägten Sicht gefiltert; Lyell reinterpretierte Brocchis Arbeit nun, um den negativen Einfluß von Kosmogonien darzustellen (McCARTNEY 1976). Die Beschreibungen sind mit subtilen Wertungen durchsetzt und zeichnen oft ein falsches Bild von früheren Forschern, so daß Lyell selbst als Quelle unzuverlässig ist. McCARTNEY (1976) hebt allerdings hervor, daß Brocchis und Lyells Arbeiten das Selbstbewußtsein der aufkeimenden Geologie widerspiegeln; man fühlte sich früheren Ansichten weit überlegen.

Aus Lyells Darstellung seien zwei Punkte herausgegriffen, die für seine Absicht von größter Bedeutung sind: Zum einen die ungewöhnlich scharfe Kritik an A.G. Werner im vierten Kapitel, zum anderen das Plädoyer für den langen geologischen Zeithorizont. Werner (1749-1817) hatte nahezu alle Gesteine als Ausscheidungen aus einem Ur-ozean angesehen, darunter auch die Granite und Basalte. Ohne Werners Konzeption im einzelnen zu beschreiben wird ihr Wert für null und nichtig erklärt, indem Werners Qualifikation in Frage gestellt wird. Werner wird auf die Anklagebank gesetzt und bekommt als moralisch-wissenschaftlichen Maßstab James Hutton vorgehalten. OSPOVAT (1976) sieht vier „Anklagepunkte“:

1. *Werner habe eine Abneigung gegen das Schreiben gehabt.* Selbstverständlich hat dies nichts mit der Bedeutung der Theorie selbst zu tun. Tatsächlich hat Werner keine Gesamtschau seiner Theorie publiziert, man mußte sich an die Berichte seiner Studenten halten. Doch ist damit nichts über seine Haltung zum Schreiben an sich gesagt. Werner mußte für die Bergbehörde Tausende von Seiten an Berichten schreiben, was ihn sicher beschlagnahmte. Er hinterließ viele unvollendete Manu-



skripte. James Hutton dagegen hinterließ zwar einige Werke, doch sah sich sein Biograph Playfair schon bald zu einer komprimierten Fassung genötigt, um Huttons Gedanken verständlich zu machen.<sup>7</sup>

2. *Werner sei kaum gereist.* Um eine Erdtheorie von globaler Gültigkeit zu entwickeln, sind Kenntnisse der unterschiedlichen geologischen Verhältnisse in vielen Ländern unerlässlich. Werners Frevel bestand also darin, seine beschränkte Geologie Sachsens der gesamten Welt übergestülpt zu haben. Gerade in diesem Punkt wirkt der Vergleich mit Hutton verfehlt, denn dieser hatte seine plutonistische Deutung nicht im Gelände entwickelt, sondern er ist ins Gelände gegangen, um seine vorgefaßte Meinung zu bestätigen (siehe auch FRITZSCHE 1997). Viele seiner Vorstellungen gründeten auf Reiseberichten anderer Forscher. Kurios an diesem Argument ist u.a. die Implikation, Hutton könne durch Lesen von Reiseberichten lernen, Werner jedoch nicht.

3. *Werner habe eine Art Zwiebelschalen-Modell vertreten* (der Vergleich mit der Zwiebel wurde erst später gezogen). Die verschiedenen Schichten seien jeweils gleichzeitig rund um den Globus ausgefallen. Dies ist eine starke Vereinfachung von Werners Modell, das den Lesern im übrigen vor-enthalten wird (im zweiten Band, wo sich Lyell mit Lamarck auseinandersetzt, betont er, daß es wichtig sei, die Theorien anderer Forscher gründlich darzustellen!).

4. *Werner habe die Entwicklung der Geologie behindert, ja sie habe sich unter seinem Einfluß sogar zurückentwickelt.* Diese Auffassung läßt sich durch nichts begründen, niemand kann sagen, wie sich die Geologie ohne Werner entwickelt hätte. Sicherlich hat der Neptunismus die Forschung stimuliert, und sei es nur, um ihn zu widerlegen. Der Neptunismus war die erste geologische Leittheorie, mit der die inzwischen sehr gewachsene Datenmenge geordnet werden konnte. Vielleicht waren Werners doktrinaire Vorstellungen sogar das Beste, was der Geologie in dieser Phase widerfahren konnte.

Zwar wird Werner von Lyell nicht bezichtigt, ein „mosaischer“ Geologe zu sein, doch wurden nach seiner Darstellung ebenjene Geologen als solche angesehen, die den Neptunismus nur allzu bereitwillig übernahmen. Daraus erklärt sich die bis in jüngere Lehrbücher hinein zu findende irrige Meinung, Werner sei noch im biblischen Glauben gefangen gewesen, überzeugt von einer jungen Erde, und sein Urozean die Wassermassen des zweiten Schöpfungstages oder der Sintflut.<sup>8</sup> Lyell verschweigt, daß sich bereits zu Werners Lebzeiten einige seiner Schüler von ihm lossagten, stattdessen erklärt er, sie hätten die Lehren ihres Meisters kritiklos übernommen. Die spätere Bedeutung von Werners Schülern als Gelehrte wird nahezu ausgeblendet. Die Anschuldigungen gegen Werner wirken derart übertrieben, daß sich mehr als nur



Abb. 3: Der Monte Nuovo, ein über 100 Meter hoher Vulkankegel in der Nähe von Pozzuoli (Neapel, Italien), war 1538 innerhalb weniger Tage aufgeschüttet worden. Lyell diente er als Illustration für die heute beobachtbaren Prozesse: Nach seiner Sicht waren die gleichen Prozesse – und nur diese – aktiv, als die älteren Vulkanbauten erzeugt wurden (aus: *Principles* Bd. 1, 11. Aufl. 1873, S. 608).

fachliche Einwände dahinter verbergen müssen. Werner war im Jahr 1817 gestorben und die wissenschaftliche Reputation seiner Schüler nicht antastbar. Somit eignete sich Werner hervorragend als Prügelknabe, um den aktiven Katastrophisten, sprich den engen Kollegen Lyells, die uniformistischen Konsequenzen schmackhaft zu machen. Einer direkten Konfrontation mit seinen Freunden konnte Lyell somit teilweise aus dem Weg gehen.

Der Attacke gegen Werner folgt das Werben um die Verinnerlichung des geologischen Zeithorizontes. Kapitel 5 der *Principles* beginnt mit der Überschrift: „Übersicht über die Gründe, die den Fortschritt der Geologie verzögert haben“. Lyell geht jetzt daran, ältere Erdtheorien mit nach seiner Meinung aktuellen Mißverständnissen zu koppeln. Früher hatten die Menschen Erdbeben, Vulkanausbrüche oder die Annäherung eines Kometen als Wunder angesehen. Das Weltgeschehen wurde von Dämonen, Geistern und Hexen bestimmt. Nur langsam setzte sich eine rationalere Betrachtung der Natur durch. Die frühen Geologen hatten durchaus passable Beschreibungen geliefert. Richtig hatten sie erkannt, daß die heutigen Prozesse festen Gesetzen folgten, doch ein junges Schöpfungsdatum zwang sie zu katastrophischen Deutungen, womit sich die Geologie nach Ansicht Lyells nicht entwickeln konnte.

In welche Zwickmühle führt nach Lyell die Vorstellung von einer jungen Erde? Dies erläutert er anhand eines archäologischen Vergleichs. Angenommen, nach herrschender Doktrin wären Altertumsforscher fest davon überzeugt, im Nildelta keine Spuren menschlicher Kultur zu finden, die vor das 19. Jahrhundert datierten. Eine Expedition stieße nun auf Monumente, Obelisken und Pyramiden. Wie würde man sie interpretieren? Da nicht sein kann, was nicht sein darf, würde man sie übernatürlichen Kräften zuordnen, vielleicht gar den ägyptischen Gottheiten. Als nächstes würde man Mumien entdecken und wäre in weiteren Erklärungsnot. Diejenigen, die nicht Augenzeugen dieser Entdeckungen wären, würden neue Theorien entwickeln, um ihre einmal festgefahrenen Überzeugungen zu verteidigen. Die Mumien seien niemals Menschen gewesen, so würde man behaupten, sondern durch eine plastische Kraft im Erdinneren geformt worden; oder sie wären Reste einer noch unvollkommenen Schöpfung. Vielleicht



## Geologische Zeit

Uniformitarismus und die Vorstellung unermesslicher Zeiträume gehen Hand in Hand. Aussagen über die geologischen Zeiträume waren damals praktisch unmöglich, und darum finden sich in Lyells Publikationen nur Andeutungen. Aus den Vorlesungsskripten und Briefen geht hervor, daß er sich dennoch um Schätzungen bemüht hat (TASCH 1977). Aus dem Vulkanbau des Ätna schloß er auf ein Alter von 60.000-70.000 Jahren. Die Eiszeit begann nach seinen Überlegungen vor geologisch relativ kurzer Zeit; er veranschlagte den Beginn auf rund 1 Million Jahre vor heute. Dieser Wert hängt mit Lyells Vorstellung der biologischen Veränderungsrate zusammen. Da die rezenten Mollusken mit denen aus früheren Ablagerungen fast identisch sind, konnte nicht so viel Zeit verstrichen sein. Für die großen Einschnitte im Fossilbefund, die er mit dem Begriff „revolutions“ belegte, veranschlagte er rund 20 Millionen Jahre, wobei er eine Aus-

sterberate von einer Spezies pro Jahr annahm.

Rechnet man Lyells Konzeption hoch, so begann das Kambrium nach seiner Schätzung vor rund 240 Millionen Jahren, der heute allgemein angenommene Wert ist 570 Millionen Jahre (TASCH 1977). Die Abweichung ist erstaunlich gering, kann aber nur als zufällig betrachtet werden. Zeiträume von vielen Millionen Jahren nahmen auch die meisten von Lyells Kollegen an. Wovon Lyell sie vor allem überzeugen wollte, waren die Folgen: Katastrophale Prozesse zur Erklärung der Erdvergangenheit sind angesichts des immensen Zeitbudgets überflüssig. Warum gewaltige Umwälzungen annehmen, wenn es die allmähliche Wirkung alltäglicher Prozesse auch tut? Dieses Konzept hat sich den folgenden Generationen eingeprägt und lange Zeit eine gedankliche Sperre gegen jede nur etwas überdimensionierte geologische „Katastrophe“ gebildet.

seien sie gar ein zukünftiges Geschlecht, das noch ins Leben gerufen werden soll. Und selbst wenn man ältere Kulturen schließlich akzeptieren würde, hätte man immer noch kein klares Bild von den inzwischen vergangenen Zeiträumen. Man würde die geschichtlichen Ereignisse als eng aufeinanderfolgend betrachten, Kulturen hätten sich rasch entwickelt, Armeen und Flotten seien versammelt worden, und dies alles nur, um in rascher Folge wieder zerstört zu werden. Solch eine Vorstellung von der Menschheitsgeschichte sei unglauwbüdig, und – das will Lyell sagen – von der Erdgeschichte nicht minder.

Lyell liefert hier ein Meisterstück suggestiver Argumentation; CANNON (1976) nennt es schlicht Propaganda. Verständlich, daß seine sprachliche Gewandtheit dank seiner Ausbildung zum Juristen von seinen Kontrahenten resignierend zur Kenntnis genommen wurde. Auch wenn die Strategie von seinen Kollegen zweifellos durchschaut wurde, wie sollten sie widersprechen? War Widerspruch nicht mit dem Bekenntnis identisch, daß man ins Lager der die Geologie behindernden Kräfte gehörte? Dennoch waren die anderen Geologen nicht bereit, zu Statisten Lyellscher Historiographie zu werden. Den langen geologischen Zeiträumen hatte man ohnehin meist zugestimmt, doch den mit Katastrophismus bezeichneten Deutungsrahmen hielt man fachlich für begründet.

Lyell mochte unter seiner großen Leserschaft

Anhänger finden, die meisten Geologen blieben reserviert. Doch mit der Zeit wandelte sich das Bild. Lyells Geschichtsdarstellung wurde von anderen Autoren als Quelle genutzt, so von v. ZITTEL (1899) und GEIKIE (1897/1905), der viele Aussagen noch steigerte. Die Darstellung A.G. WERNERS wurde übernommen, ebenso die tragende Rolle, die Lyell sich selbst zugeschrieben hatte. Dabei wurde zumeist übersehen, daß Lyells Geschichtsschreibung dem Zweck diene, seine geologische Theorie zu begründen, die in ihrer Gesamtheit nicht minder bizarr anmutete wie die von ihm so vehement angegriffenen Kosmogonien. Die Kernaussagen dieser Theorie lassen sich in den Uniformitarismus, den Zeitkreis und die Haltung gegenüber der biologischen Evolution unterteilen und werden im folgenden näher behandelt.

## Der Uniformitarismus

Lyell sprach von der Uniformität in der Natur, eine Sichtweise, für die Whewell den Begriff Uniformitarismus prägte und der Lehre vom Katastrophismus gegenüberstellte. Die Argumentation Lyells läßt sich in zwei Aussagen spalten (GOULD 1992):

1. Die Ereignisse der geologischen Vergangenheit lassen sich mit den heute erkenn- und erforschbaren Ereignissen beschreiben, sie waren von gleicher Art. Diese methodologische Uniformität postuliert die Konstanz der Naturgesetze und ist die allgemeine Arbeitsgrundlage in den Naturwissenschaften.

2. Die Ereignisse liefen mit den Geschwindigkeiten ab, die wir heute beobachten, sie waren demnach von gleicher Intensität.

Lyell meinte tatsächlich *alle* Ereignisse, wobei er einschränkend einräumte, daß viele noch unbekannt seien. Eine derartige Konzeption versprach dem Forscher einen hohen Erkenntnisgewinn: Man untersuche die rezenten Prozesse nur gründlich genug, so erschließt sich Vergangenes! Sogar vorsichtige Vorhersagen über zukünftige Ereignisse seien möglich, meinte Lyell, aber nur, wenn sie den einmal erkannten Regeln gehorchten, die für die Vergangenheit erforscht worden waren.

Lyell vermischte beide Bedeutungen von Art und Intensität geschickt. Aus den Prozessen, die wir heute beobachten können, folgte zwangsläufig, daß deren Geschwindigkeit gewissermaßen die Obergrenze des erlaubten Deutungsrahmens bildet. Deshalb auch die ausführliche Beschreibung von Überschwemmungen und Vulkanausbrüchen in Band 1 der *Principles*: Je „katastrophischer“ Lyell argumentieren konnte, desto schwieriger wurde es für die Katastrophisten, ihre Lehre zu verteidigen. Episodischen Ereignissen mit verheerenden Ausmaßen stimmte er zu, doch waren diese lokal beschränkt und traten wiederholt auf. Keiner der



bekannten Vulkane war mit einem Mal entstanden, keine Landhebung erfolgte in einem einzigen ruckartigen Ereignis.

Lyells *Principles* waren weder im herkömmlichen Sinne Lehrbuch noch eine Zusammenstellung des bis dahin gesammelten geologischen Wissens. Mit der Bezeichnung „Prinzipien“ waren tatsächlich Gesetze gemeint, nach denen die Geologie funktioniert (RUDWICK 1990), und der gelehrte Rechtsanwalt Charles Lyell vertrat sie in einem exzellenten und voluminösen Plädoyer. Aus vielen Passagen tritt ein atemberaubender Anspruch: Lyell definierte mit der Uniformität der Natur, was als „wissenschaftlich“ gelten darf.

Lyells Kollegen konnten dieser uniformitaristischen Sicht nicht folgen. Praktisch die gesamte Elite britischer Geologie wie Murchison, Sedgwick, Buckland, De la Beche<sup>9</sup> oder Whewell widersprach ihm. Ohne Zweifel nahmen sie Lyell ernst, sonst wäre er einfach übergegangen worden. Denn Lyells Methodik war im Grunde nicht neu, sie unterschied sich ja oft nur in Nuancen von der allgemein praktizierten Arbeitsweise. Als Maß für die geringe Anerkennung Lyells mag sein Einfluß im Ausland gelten. In Frankreich wurde Murchison als der führende Geologe Britanniens angesehen. Von den 8 Mitgliedern der Akademie war nur Prévost ein Anhänger Lyells. Lyell gründete keine „Schule“; erst mit der Zeit kamen seine Gedanken zum Tragen.

William Whewell (1794-1866), der in Astronomie, Geologie und Philosophie gleichermaßen beschlagen war, verwies auf die Beschränkungen, die sich aus dieser uniformitaristischen Herangehensweise ergaben. Würden nur bereits erkannte Prozesse als Erklärung zugelassen, wie hätte beispielsweise Newton je zum Gravitationsgesetz finden können? Er hätte sich nur im Erklärungsfeld seiner Vorgänger bewegen können, spricht: wissenschaftlicher Fortschritt wäre gar nicht möglich. Und Whewell greift Lyells Theorie in einem weiteren zentralen Punkt an: Unser menschlicher Erfahrungshorizont ist viel zu kurz, um mit Sicherheit auf alle Ereignisse in der geologischen Vergangenheit schließen zu können. Anstelle der summarischen Wirkung kleiner Veränderungen über unermessliche Zeiträume hinweg könnten genausogut Kräfte (force) am Werk sein (WHEWELL 1872). Wir erleben diese zur Zeit zwar nicht, doch dürfen wir aus den aufgefalteten Gebirgen und versetzten Gesteinsschichten auf sie schließen. Whewell war wie viele andere davon überzeugt, daß die Gesteine zumindest punktuell Zeugnis von einer früher andersartigen Welt geben<sup>10</sup>.

## Lyell und der Zeitkreis

Was die Zeitgenossen Lyells überraschte und folgenden Generationen meist verborgen blieb, war

seine im Grunde zyklische Erdgeschichte, also eine Steady-State-Theorie nach heutigem Verständnis. Damit stand er im Widerspruch zu allem, was die Forscher in den vergangenen Jahrzehnten herausgefunden hatten. Eine gerichtete Erdgeschichte folgte für Lyells Zeitgenossen aus mehreren Beobachtungen. Zum einen sahen sie einen Wandel in den fossilen Überresten von fremdartigen Organismen in den ältesten Schichten bis hin zu Lebensformen, die den modernen gleichen, in den jüngeren Ablagerungen. Zweites Indiz waren die klimatischen Veränderungen, von denen die fossilen Reste zeugten. Die älteren Fossilien sprachen für tropische Verhältnisse, die jüngeren eher für ein kühles Klima. Es mußte eine irgendwie geartete chronologische Folge geben. Dies alles war Lyell sehr wohl bekannt, er mußte die gleichen Befunde anders deuten.

Als einen Vorläufer seiner Gedanken wählte er James Hutton. Doch hatte sich inzwischen ein Wandel vollzogen: In dem halben Jahrhundert zwischen Hutton und Lyell war der Bruch mit den spekulativen Erdtheorien erfolgt, tatsächlich so, wie Lyell es seinen Lesern darstellt. Die Geologie hatte sich von der Physik, Mineralogie und Kosmogonie gelöst, und die historische Methodik übernommen. Huttons Verhältnis zur Geschichte war gespalten, sein ahistorisches „... kein Anzeichen eines Anfangs, kein Hinweis auf ein Ende ...“ galt als überholt. Lyell wollte genau diese Aussage wiederbeleben, ohne allzu stark auf Hutton zu deuten. Damit wird sein Argumentationsweg klar. Die Aufarbeitung der Geschichte soll die Leser darauf vorbereiten, daß nun etwas ganz Neues kommt, eine gereifte Theorie, seine Theorie, die sich trotz der Gründe, die den Fortgang des Faches verzögert haben, durchsetzen konnte.

Doch reichte die Historiographie alleine nicht aus. Lyell stellt in den Kapiteln 6-8 zunächst noch seine Klimatheorie vor. Vereinfacht läßt sie sich so beschreiben: Es hat wärmere und kältere Phasen gegeben, insgesamt aber bewegt sich alles um ein Mittel. Die Progressionisten gingen von einer stetigen Abkühlung der Erde aus – doch was wissen wir schon von der thermischen Entwicklung der Erde? Daß aber die Verteilung der Kontinente auf dem Globus einen Einfluß auf das Klima hat, ist uns bekannt (v. Humboldt hatte auf Karten die Isothermen eingetragen). Wir sollten am besten nur uns Bekanntes zur Erklärung heranziehen.

Welche Arten wo anzutreffen sind, war danach eine Frage des Klimas. Für Lyell war jede Klasse von Pflanzen und Tieren irgendwo auf der Erde vorhanden. Welche Arten jeweils dominierten und dann auch mit unterschiedlicher Wahrscheinlichkeit als Fossilien aufzufinden waren, hing von den Umweltbedingungen ab, war also eine Adaptation an die geographischen Verhältnisse (BARTHOLOMEW 1976). Da sich die Bedingungen langsam änderten, veränderte sich auch die jeweilige Komposition der Flora und Fauna. Bei Lyell war die Erde ständig in Bewe-



## Lyell und die christliche Religion

Am besten hat vielleicht Darwin (1873) die Wirkung Lyells umschrieben. Seinem Sohn George, der einen religionskritischen Artikel veröffentlichten wollte, empfahl er Lyell als Vorbild: Indem er [Lyell] niemals ein Wort gegen die Bibel sagte, habe er den Glauben an die Sintflut etc. weitaus nachhaltiger erschüttert, als wenn er diesen direkt angegriffen hätte (DESMOND & MOORE 1994, S. 678). Daß damit Lyells Absicht treffend charakterisiert ist, läßt sich einem seiner Briefe an Scrope vom Juni 1830 entnehmen. Darin erklärt er seine Entschlossenheit, die Wissenschaft von Mose zu befreien (BAILEY 1962, S. 77-78). Seine Reaktionen blieben stets scharf, wenn Dogma oder kirchliche Autorität das Denken bestimmten.

Es wäre aber falsch, Lyell als Antikleriker zu bezeichnen. Er besuchte mit seiner Frau regelmäßig den Gottesdienst. Besonders die Freimütigkeit und das bunte Spektrum an Religiosität in den USA beeindruckten ihn. Seine besondere Aner-

kennung galt den Predigern, die trotz Verbotes die Sklaven zum Lesen der Bibelaufforderten (BAILEY 1962, S. 164). Die Minderwertigkeit bestimmter menschlicher Rassen, auch von „Christen“ zur Verteidigung der Sklaverei vertreten, paßten nicht in sein Menschenbild. Im amerikanischen Bürgerkrieg ergriff Lyell folglich Partei für die Nordstaaten, während z.B. Murchison und Sedgwick mit den Südstaaten sympathisierten.

Lyell hat ein glückliches Leben geführt und fand als Forscher Anerkennung. Erst die beiden letzten Jahre waren für ihn beschwerlich. Seine 12 Jahre jüngere Frau war 1873 plötzlich an Grippe gestorben, ein Verlust, mit dem er nie gerechnet hatte. Seine Augen hatten ihm zeitlebens Schwierigkeiten bereitet, zuletzt war er praktisch erblindet. Darwin empfand Mitleid für Lyells Situation. Blind und ohne seine Frau würde auch ihn das Problem des Danach „mitten in der Nacht mit schmerzhafter Gewalt überfallen“ (aus DESMOND & MOORE 1994, S. 688).

gung, sie spielte aber nur „einen kleinen Teil ihrer möglichen Akte durch“ (GOULD 1992, S. 189).

Lyells Sicht mündete schließlich in die Aussage über die Wiederkehr des Ichthyosauriers: „Dann mögen jene Gattungen von Tieren wiederkehren, deren Denkmäler in den alten Gesteinen unserer Kontinente erhalten sind. Der gewaltige Iguanodon mag wieder in den Wäldern erscheinen und der Ichthyosaurier im Meer, während der Pterodactylus wieder durch die schattigen Haine der Riesenfarne huscht.“ (*Principles* Bd. I, S. 123)

Der Zeitkreis wurde von Whewell erkannt, der Lyell vorwarf, eine Erzählung von ständig wiederkehrenden Zyklen der Veränderung in den Schichten zu lesen und offenbar vergäße, daß die geologische Folge, so lang und rätselhaft sie auch sei, doch einen Anfang habe (nach ALBRITTON 1980, S. 147). Vielleicht hielt Lyell die Geschlossenheit seines geologisch-biologischen Konzeptes selbst für nicht ganz überzeugend. Doch es war erforderlich, weil er nur so sein nichtevolutionäres Weltbild verpacken konnte.

## Lyell, Darwin und die Evolution

Charles Darwin begab sich im Dezember 1831 als junger Forscher an Bord der *Beagle*. Im Gepäck

hatte er den ersten Band von Lyells *Principles*, eine Lektüre, die ihn nach seinen Worten mehr zur Selektionstheorie beeinflusst hat als jedes andere Werk. In Montevideo erhielt er Ende 1832 mit der Post den zweiten Band der *Principles*. Seine geologischen Beobachtungen in den nächsten Jahren erfolgten durch die Augen Lyells.

Auch Lyell lernte Darwin früh schätzen. Die Fachwelt war von Darwins Berichten und den eintreffenden Sammlungen beeindruckt. Lyell äußerte gegenüber Sedgwick, wie „sehnsüchtig er auf Darwin warte“. Die indirekt geknüppte Verbindung entwickelte sich nach Darwins Rückkehr rasch zu einer persönlichen Freundschaft. Diese hielt auch noch nach der Publikation von *Origin of Species* an, obwohl Darwin zunehmend schärfer auf Lyells zögerliche Haltung zur Evolution reagierte.

Die von Lyell eröffneten Zeiträume, die beschriebenen graduellen geologischen Veränderungen und der Einfluß der Landmassen auf das Klima waren der Nährboden, auf dem die evolutionären Gedanken von Darwin, Hooker, Wallace, Huxley und anderen gedeihten. Die Spekulationen in den *Principles* über die Beständigkeit der Spezies und die Ursachen des Wechsels im Fossilbefund lenkten die Gedanken der Leser dicht an die Transmutation (der damals gebräuchliche Begriff für die stammesgeschichtliche Evolution). Doch Lyell hatte gar nicht die Absicht, der Transmutation auf die Sprünge zu helfen; seine *Principles* sind vielmehr ein anti-evolutionäres Werk, mit einer deutlichen teleologischen Botschaft.

Dabei war Lyell anfangs noch Direktionalist. Doch im Jahr 1827 muß sich seine Meinung grundlegend gewandelt haben, sehr wahrscheinlich nach der Lektüre Lamarcks. Konsequenterweise würde die Abstammungslehre doch bedeuten, der Mensch stamme vom Orang-Utan ab. Schon damit brachte Lyell zum Ausdruck, was er in den folgenden Jahrzehnten behaupten sollte: Der Mensch hat im Erdgeschehen eine Sonderrolle, seine intellektuellen und moralischen Fähigkeiten heben ihn aus dem natürlichen Geschehen heraus. Auf seinen Uniformitarismus bezogen hieß dies: die Entwicklung des Menschen läßt sich mit keinem heute ablaufenden Prozeß beschreiben, sie fällt also in einen Bereich, der außerhalb des Wissenschaftlichen liegt.

Die Progression zu befürworten hätte für ihn geheißen, zuletzt doch zu naturalistischen Erklärungen zu kommen, eine Entwicklung, die er richtig einschätzte (BARTHOLOMEW 1973). Um diese Gefahr abzuwenden, wendet er sich gegen die Transmutation und Progression des Lebens. Es galt nachzuweisen, daß „... die Spezies tatsächlich in der Natur existieren, und jede zum Zeitpunkt ihrer Erschaffung mit den Eigenschaften und in der Organisation ausgestattet wurde, die man jetzt unterscheiden kann“ (*Principles* Bd. 2, S. 65).

Die von den Vertretern der Transmutation wahrgenommene Verwischung der Artgrenzen hinter-



fragt er zu Beginn des 2. Bandes der *Principles*. Er hält einen Artenwandel in historischer Zeit für nicht nachweisbar. Beispielsweise waren die Reste der in ägyptischen Gräbern gefundenen Haustiere, die vor rund 3000 Jahren lebten, mit den modernen identisch. Domestikation dafür geeigneter Tiere war möglich, bei anderen funktionierte es nicht. Die behauptete Abstammung der Hunde von den Wölfen sei fraglich, zumindest hätten sich verwilderte Hunde nicht wieder zu Wölfen umgewandelt. Lyell, der von Kindheit an mit der Biologie vertraut war, hatte keine Schwierigkeiten, auf diesem Terrain zu argumentieren.

Für Lyell war die Spezies eine begrenzte Einheit, die, den Umwelteinflüssen ausgesetzt, irgendwann unterging (COLEMAN 1962). Solange die äußeren Bedingungen stabil blieben, würden die einheimischen Arten fremde Arten zurückdrängen können, weil sie besser angepaßt seien (pre-occupation). Änderten sich die Umweltbedingungen, würde der Lebensraum von den Arten bevölkert werden, die dafür geschaffen waren. Keinesfalls würde es den ursprünglich einheimischen Arten gelingen, sich den neuen Verhältnissen durch strukturelle Veränderungen anzupassen.

Lyells Gliederung des Tertiärs mit Hilfe fossiler Muscheln mochte wie eine progressive Folge wirken. Seine Beobachtungen in Frankreich und Italien 1828, die Untersuchungen von Jules Desnoyers und Paul Deshayes (beide Forscher hat er aufgesucht) faßte er zu einer Statistik zusammen, die das sich wandelnde Verhältnis ausgestorbener zu noch lebenden Mollusken wiedergab (WILSON 1967, 1980). In den jüngsten Ablagerungen fanden sich unter den fossilen Mollusken am wenigsten ausgestorbene Arten (RUDWICK 1978). Die ausgegrenzten Einheiten nannte er Eozän, Miozän und Paläozän; diese Begriffe sind noch heute gebräuchlich, auch wenn das Tertiär später erweitert wurde. Lyell wollte neben seinem Speziesbegriff vor allem aufzeigen, daß die Ablagerungen des Tertiärs keine ungewöhnlichen Bildungsbedingungen bezeugen. Dies hatte Cuvier behauptet.

Die tendenziöse Geschichtsschreibung Lyells wird hierdurch noch um einen Aspekt reicher. Erinnerte sein Konzept doch sehr an die seit altersher gehegte Vorstellung von der Permanenz des Geschaffenen. Die Ablehnung der Transmutation wurde mit der Absage an eine gerichtete Erdgeschichte erkaufte. Indem Lyell scharfe Töne gegen Werner und dessen Gefolgsleute mit ihrem direktionalistischen Konzept auf lithologischer Grundlage anstimmte, lenkte er von den Ungereimtheiten seiner eigenen Theorie ab. Tatsächlich stehen Lyells Anschauungen über die herausgehobene Stellung des Menschen, den von Anfang an fertigen Tierordnungen und der Absage an eine Höherentwicklung dem Kreationismus nahe.<sup>11</sup> Die Sonderstellung des Menschen zu retten hieß letztlich, das christliche Weltbild zu retten. Diesen Eindruck woll-

te Lyell allerdings nicht erwecken, und mit seiner rigorosen Absage an kirchlichen Einfluß auf die Wissenschaft und seinem Kampf gegen die vermeintliche Kombination von geologischem Katastrophismus und Bibelglaube ist ihm das gelungen.

Darwin erweiterte den Selektionsgedanken auch auf den Menschen und die Entwicklung seiner geistigen und moralischen Fähigkeiten. Im Gegensatz zu Lyell hatte er auf seiner Weltreise die „Wilden“ gesehen, die für ihn in vielerlei Hinsicht den Tieren näherstanden<sup>12</sup>. Lyell war durch *Origin of Species*, zu dessen Publikation er Darwin geraten hatte, in der Zwickmühle; seine Vorstellung von der Sonderrolle des Menschen, seinen moralischen Qualifikationen, war hinterfragt. Daß er seine Ablehnung von Darwins Folgerungen zögernd aufgab, geschah vor allem vor dem Hintergrund neuer Entdeckungen: fossile Reste von Menschen waren zusammen mit ausgestorbenen Säugetieren gefunden worden. Die Menschen waren also älter und die Verwandtschaft mit den Affen zeitlich gesehen zusammengerückt.

Aus Darwins Sicht war Lyell der Wissenschaftler, den er überzeugen oder „schlagen“ mußte (CANNON 1976). Er hatte Lyells Theorie verinnerlicht und die graduellen geologischen Übergänge auf die Artenfrage angewendet. Darwin war sich der positiven Resonanz Lyells sicher, der dies doch als Bestätigung und Erweiterung seiner Theorie ansehen müsse. Aber darin hatte er sich getäuscht. Die zögerliche Annahme seiner Theorie durch Lyell trug er seinem Freund deshalb nach.

## Lyell und der moderne Katastrophismus

Katastrophische Erklärungen begegnen uns in der modernen Geologie häufig, sie haben aber, so sagt man, nicht mehr den Hauch des Unerklärlichen und Übernatürlichen an sich, wie zur Zeit Bucklands. Der Weg bis zum „The new catastrophism“ (Titel eines Buches von AGER, 1993) war jedoch weit; es bedurfte starker Indizien, um den Zwang zum graduellen Denken zu überwinden. Die herausragende Debatte der letzten Jahre ist die Frage nach den Ursachen der Massensterben im Verlauf der Erdgeschichte und ganz besonders die Auseinandersetzung um die Impakthypothese.<sup>13</sup> Das Zögern vieler Geologen und Paläontologen, die Auswirkungen von Meteoriteneinschlägen zu berücksichtigen, wurde von einigen Autoren scharf angegriffen.

Für ALVAREZ et al. (1989) ist ein überkommener Uniformitarismus des 19. Jahrhunderts Schuld an den stereotypen Einwänden vieler Geologen, ein Impakt sei zur Erklärung nicht notwendig, man solle irdische Ursachen wie Vulkanismus oder Meerespiegelabsenkungen heranziehen. AGER (1993) sieht die Geologie seit Lyell in den Händen der Theoretiker, obwohl die Katastrophisten die besse-



ren Feldgeologen gewesen seien. Hsü (1990) beschreibt seinen langen Abnabelungsprozeß von der antikatastrophistischen Doktrin Lyells. Zugleich wird bei ihm deutlich, daß die Vorwürfe gegen Lyell selbst meist unberechtigt sind. Wenn Lyell so dargestellt wird, als habe er geologische „Katastrophen“ oder episodische Ereignisse an sich geleugnet, so ist das falsch (ZENGER 1986). In Lyells *Principles* klingt es nämlich anders: Im ersten und dritten Band referiert er Berichte über Erdbeben und von Vulkanausbrüchen aus den letzten Jahrhunderten. Er schildert die katastrophalen Verwüstungen und die hohen Zahlen an Todesopfern. Die zugrundeliegende Aussage ist deutlich: Wo die Katastrophisten ein einziges oder wenige Ereignisse zulassen, rechnet Lyell mit dutzenden oder hunderten kleineren Episoden. Episodische Ereignisse, unterbrochen von längeren Zeiten der Ruhe, wo sich die Menschen erneut in Krisengebieten ansiedeln, prägen die Menschheitsgeschichte und sind einziges Analogon der Erdgeschichte. Nicht viel anders drücken sich Geologen wie AGER (1993) aus.

## Abschluß

Der Uniformitarismus konnte sich nicht deshalb durchsetzen, weil Lyell die anderen Geologen davon überzeugt hatte, sondern weil die aktualistische Arbeitsmethode schon längst angewandt wurde. Lyell hat das Prinzip festgeschrieben und mit vielen Beispielen unterlegt, so daß die *Principles* den Rang einer Bedienungsanleitung: Wie treibe ich Geologie... gewannen. Wenn er dennoch als Begründer des Uniformitarismus gefeiert wird, so darf er sich einen gehörigen Teil dieser Anerkennung selbst zuschreiben. Mit seiner Form der Geschichtsschreibung und -wertung hat er sich selbst in den Vordergrund geschoben. Nicht, daß er vor Selbstüberheblichkeit überschäumte wie so mancher seiner Kollegen; aber die geschickte Mischung aus teils versteckter, teils offener Kritik an seinen Vorläufern und die Bestimmtheit, mit der er entschied, was als wissenschaftlich zu gelten habe, ließen nur eine Wahl: Lyell selbst.

Mit seiner wertenden Geschichtsschreibung ging er nicht weit über das Maß hinaus, mit dem auch seine Kollegen und Kritiker ihre Theorien verfochten. Was ihn offenbar auszeichnete, war seine Art, Konflikte zu bewältigen: Gemäß seiner liberalen Gesinnung verfocht er seine Ansichten nicht verbissen oder streitsüchtig. Als ein Mann des Ausgleichs und des bedachtsamen Handelns war er allgemein beliebt. Da er früh mit den bekanntesten Forschern seiner Zeit kommunizierte, mußte er sich die Anerkennung nicht erst mühsam erarbeiten. Er führte die Auseinandersetzung von der Spitze weg, mit Eloquenz und Tüchtigkeit bestimmte er Geschwindigkeit und Richtung.

Ein maßgeblicher Grund für seinen Erfolg ist sicherlich die Breitenwirkung seiner Publikationen. Die Werke Lyells waren an eine akademische Leserschaft gerichtet. Die Geologie war damals eine gefragte Wissenschaft, und Lyell konnte und wollte sie vermitteln. Hinzu kommt sehr wahrscheinlich die Unzufriedenheit mit der seinerzeit herrschenden Doktrin. Die sog. Katastrophisten waren in Stellungen, wo sie andere bevormunden konnten. Jüngere Geologen wurden so auf die Gegenseite getrieben. Gerade Lyell verkörperte zur Zeit der Herausgabe seiner *Principles* die „junge Generation“. Er lebte in einer Zeit des politischen und ökonomischen Umbruchs, den er selbst – wenn auch allmählich und ohne Aufruhr – befürwortete.

Gleichwie Darwin wälzte Lyell einen Großteil der Probleme mit seinem Konzept auf folgende Generationen ab. Beide Forscher wurden später derart ideologisiert, daß eine kritische Auseinandersetzung mit ihren Doktrinen, der Selektionstheorie oder dem Uniformitarismus, unwillkürlich als Angriff auf die Fundamente der jeweiligen Disziplinen, insbesondere auf die Evolutionslehre als solche, gesehen wurden. Daß Lyell jahrzehntelang gegen die Konsequenzen der Evolutionslehre argumentierte, wurde übersehen. Und auch Darwins Theorie hatte ihre Tücken: Darwin band sie kategorisch an die immensen Zeiträume, die erst Lyell richtig ins Bewußtsein gerufen hatte. Auch die Anwendung seiner Theorie auf den Fossilbefund ist dürftig. Die entscheidenden Dinge sollten ja in den „Lücken“ passiert sein, von denen ihn Lyell überzeugt hatte.

Der Einfluß von Lyells „Geschichte der Geologie“ und die bis heute nachwirkende Verfemung mancher damaliger Gelehrter machen klar, daß geologische Historiographie nicht allein Lyell oder seinen Nachfolgern überlassen bleiben darf, sondern auch die distanzierte Sicht des eigentlichen Historikers gefragt ist. Vorsicht ist angebracht, wenn die Beschreibung der Entwicklung einer Disziplin in Heldenverehrung umschlägt, wenn sich die Bewunderer eines Wissenschaftlers lieber nicht mit den Hintergründen seiner Sichtweise vertraut machen wollen (CANNON 1976). Trotz mancher heute befremdlich wirkenden Anschauungen Charles Lyells bleibt seine Bedeutung als Geologe und großer Theoretiker unangetastet; hervorzuheben ist die Aufrichtigkeit, mit der er für seine Sache eintrat.

## Anmerkungen

- <sup>1</sup> Die Geological Society mußte sich von anderen bekannten Gesellschaften absetzen und gab sich selbst strenge Richtlinien: Theorienbildung sollte solange unterbleiben, bis genügend Daten gesammelt waren. Bei der Datensammlung (ohne „Theorie“) tat man sich allerdings schwer. Das erste eigenständige Projekt sollte eine geologische Karte von Groß-



britannien sein. Zahlreiche Leute wurden als Informanten eingesetzt, je unbefangener sie Daten sammelten, desto besser. Den sich daraus entstehenden Widersprüchen und Unklarheiten mußte der verantwortliche Bearbeiter im Gelände selbst nachforschen, so daß sich die Herausgabe der Karte bis 1820 verzögerte. Doch schon 1815 hatte William Smith (1769-1839) eine Karte herausgegeben. Obwohl er als Einzelner daran gearbeitet hatte, war sie besser als die koordinierten Bemühungen der Geologenschar. Und: George Bellas Greenough (1778-1855), der erste Präsident der Geological Society und Herausgeber der ersten Karte, hatte zuletzt doch auf Smiths Arbeit zurückgegriffen, wenn er nicht mehr weiterwußte. Das Urteil der Fachleute über Greenoughs Karte war vernichtend.

<sup>2</sup> Die Geological Society war eine Art Klub, die Mitglieder hatten eine gewisse gesellschaftliche Stellung inne. Praktiker, die ihren Lebensunterhalt verdienen mußten, so wie der Ingenieur William Smith, waren ausgeschlossen. Er war im Rahmen von Kanalbauprojekten weit herumgekommen und dadurch mit der Stratigraphie vertraut geworden. Er hatte über seine Arbeiten frei gesprochen, und manche angehenden Geologen wurden im Sinne von Smiths Erkenntnissen geprägt, ohne ihn persönlich zu kennen. Wie tief der gesellschaftliche Graben war, mag daran zu erkennen sein, daß Smith in Bakewells *Geology* von 1838 nicht einmal erwähnt wird.

Ein weiterer Grund für die kritische Haltung gegenüber Smith war, daß man ihm schon damals fälschlicherweise nachsagte, er habe seine Karte anhand der Fossilien erarbeitet. Da man glaubte, über ausgestorbene Lebewesen nichts Genaues sagen zu können, es wäre reine Spekulation gewesen, mußte nach den Statuten der Gesellschaft eine Karte auf dieser mutmaßlichen Basis abgelehnt werden. Es wirkt paradox, aber die Geological Society hat in einer Phase, als die Geologie erblühte, deren Fortschritt anfangs aufgehalten. Erst die zweite Generation von Geologen, die wie Lyell stärker für „speculations“ eintraten, verhalfen dieser Gesellschaft zu Ansehen.

<sup>3</sup> Das Reisen war schon zur damaligen Zeit keine außergewöhnliche Betätigung. Nach den Napoleonischen Kriegen wurde Mitteleuropa von Tausenden von Engländern besucht. Die Lyells machten es sich auf ihren Reisen zur Gewohnheit, die jeweiligen ortsansässigen Naturforscher zu besuchen. So bekam Charles stets Informationen und Eindrücke aus erster Hand. Seine Zugehörigkeit zu den sog. besseren Kreisen bescherte ihm Zugang zu praktisch allen bekanntesten Forschern.

<sup>4</sup> Die Freundschaft zu Murchison kühlte mit der Zeit ab. Murchison, jede Gelegenheit offizieller Anerkennung nutzend, wollte als maßgeblicher Urheber des Lyellschen Konzeptes in den *Principles* genannt werden, was Lyell unter Hinweis auf seine bereits 1827 eingereichte Fassung energisch zurückwies. Lyell glaubte, Murchison von seinen uniformistischen Vorstellungen überzeugt zu haben. Doch in den folgenden Jahren nahm Murchison eine zunehmend kritischere Haltung zum Uniformitarismus an. In seinem Werk über das Silur (1839) schrieb er: „Ich freue mich über die Lyellsche Methode, geologische Phänomene mit Hilfe moderner Analogien zu entschlüsseln, doch kann ich

nicht der Doktrin vertrauen, daß die gegenwärtigen Verwerfungen von Prozessen vergleichbarer Intensität verursacht werden wie diejenigen, von denen die Geologie Zeugnis gibt“. Murchison blieb fortan Katastrophist (PAGE 1976).

<sup>5</sup> Poulett Scrope (1797-1876) lebte fast zeitgleich mit Lyell und kann als einer seiner wenigen Gefolgsleute betrachtet werden. Er wurde ähnlich wie Charles Darwin von Adam Sedgwick (1785-1873) und John Henslow für die Geologie begeistert. Von 1817 bis 1818 hielt er sich in Neapel auf und erlebte einen Ausbruch des Vesuv mit. Später reiste er wieder nach Italien und ins Massif Central nach Frankreich, um vulkanische Bildungen zu studieren. Frühere Bearbeiter hatten für die Laven und Vulkankegel nur eine ältere und eine jüngere Bildungsphase angenommen; dazwischen sahen sie eine Phase rascher Erosion, also für alle, die es so interpretieren wollten: eine Wirkung der Sintflut. Scrope wies nach, daß der Vulkanismus nicht auf zwei Phasen beschränkt war, sondern mehr oder weniger kontinuierlich erfolgte. Auch würden heutige Erosionsprozesse vollauf genügen, um die Bildung der Flußtäler zu erklären. Lyell nutzte Scropes Bericht im Artikel für den Quarterly Review im Jahr 1827, um die Bedeutung des Aktualismus zu unterstreichen. Allerdings übte er auch Kritik an Scropes direktionalistischer Sicht (RUDWICK 1974).

<sup>6</sup> Der Berufung Lyells auf den Lehrstuhl sah Bischoff Edward Copleston mit größten Bedenken entgegen. Er stellte die Bedingung, daß Lyells Ansichten nicht der Sintflut zur Zeit Noahs widersprechen dürften. Lyell konnte ihn beruhigen. Zwar gebe es keine Anzeichen für eine weltweite Flut, doch sprach nichts gegen eine Flut, von der die seinerzeit bewohnte Welt betroffen war (PORTER 1982, S. 39).

<sup>7</sup> Allerdings verteidigt WILSON (1980) die negative Beurteilung Werners durch Lyell hinsichtlich des Publizierens, da sich Lyell in der Tat auf nichts Schriftliches beziehen konnte, wohl aber die Streitereien zwischen Plutonisten und Neptunisten miterlebt hatte.

<sup>8</sup> Die Zermürbung neptunistischer Deutungen durch Lyell war tiefgreifend. Bailey berichtet, wie er in einer Publikation über die Universität Edingburgh im Jahr 1921 ein positives Wort für Jameson (1774-1854) einlegen wollte, der als Begründer der Wernerian Society der bekannteste Neptunist in Schottland war. Schließlich hatte Jameson 50 Jahre lang an der Universität in Edinburgh gelehrt. Dieser Hinweis Baileys wurde gestrichen und durch ein Zitat des 18-jährigen Charles Darwin ersetzt, der Jameson als langweilig empfand. Bailey meinte später dazu: „Das alles war sehr interessant“ (BAILEY 1962, S. 24).

<sup>9</sup> Frank Buckland fand unter den Papieren seines verstorbenen Vaters eine Zeichnung des Geologen Henry De la Beche (1796-1855), die einen Professor Ichthyosaurus inmitten seiner Schüler zeigt und wie sie gerade über den Fund eines menschlichen Schädels sprechen. Frank Buckland deutete dies als eine nette Geste De la Beches an William Buckland, der oft über Ichthyosaurier referiert hatte. Diese Zeichnung fügte er seinen *Curiosities* bei und in diesem Sinne wurde sie bis vor kurzem bewertet. Inzwischen konnte jedoch RUDWICK (1975) nachweisen, daß die Zeichnung eine bittere Satire über Lyells geologisches Geschichtsverständnis ist. Die Zeichnung ist nur eine



aus einer ganzen Serie, in der Lyell als der Theoretiker mit gefärbten Brillengläsern dargestellt wird. De la Beche gehörte dem engen Kreis der Geological Society an und wurde erster Direktor des Geological Survey; die Beziehung zwischen ihm und Lyell war gespannt.

- <sup>10</sup> Während Whewell der Uniformität Lyells ablehnend gegenüberstand, paßte sie in die Vorstellungen John Herschels, der als bekanntester Philosoph Großbritanniens in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts gilt. Lyells Methodik entsprach Herschels verae causae Prinzip, wonach Wissenschaftler nur erkannte Vorgänge zur Interpretation zulassen sollten. In der Frage der Evolution war Herschel allerdings Progressionist (RUSE 1976).
- <sup>11</sup> Lyell berichtete in seiner Ansprache als Präsident der Geologischen Gesellschaft 1851 von der Entdeckung vermeintlicher Schildkrötenspuren in silurischen Schichten Kanadas. Eine Kopie seiner Rede schickte er an Murchison. Dieser gab sich in seiner Antwort nicht sonderlich überrascht: Bis jetzt sei über Landtiere im Silur nichts bekannt gewesen. Nun hätte man eben welche niedriger Ordnung gefunden, was (aus progressionistischer Sicht) doch zu erwarten sei. Witzig fährt Murchison fort: Hätte man in den gleichen Schichten jedoch die prächtigen Fußabdrücke eines Robinson Crusoe gefunden, der gerade im Begriff war, die erste Schildkrötensuppe zu bereiten, dann würde er sich geschlagen geben. Später wurden diese Abdrücke von Owen als Krebsabdrücke interpretiert (BARTHOLOMEW 1976).
- <sup>12</sup> Für Darwin war die erste Begegnung mit den Ureinwohnern Feuerlands ein Schock (DESMOND & MOORE 1994, S. 155-156). Der Unterschied zwischen einem wilden und einem zivilisierten Menschen erschien ihm größer als der zwischen einem wilden und einem domestizierten Tier. Der Mensch ein Geschöpf Gottes? – diese Frage ließ Darwin nicht mehr los.
- <sup>13</sup> Die Entdeckung ungewöhnlicher Anreicherungen des Elementes Iridium im Kreide/Tertiär-Grenztou wurde auf den Einschlag eines Asteroiden zurückgeführt (ÁLVAREZ LW, ÁLVAREZ W, ASARO F & MICHEL H, Science 208, 1980, S. 1095-1108). Die Autoren sahen hierin die Ursache für das Massensterben an der Wende Kreide/Tertiär, bei dem u.a. die Ammoniten und Dinosaurier ausgelöscht wurden. Für den Einschlag sprechen inzwischen eine Fülle weiterer Indizien, obwohl die Einzelheiten des Aussterbens nach wie vor unklar sind.

## Literatur

- AGER DV (1993) The nature of the stratigraphical record. Chichester.
- ÁLVAREZ W, HANSEN T, HUT P, KAUFFMAN EG & SHOEMAKER EM (1989) Uniformitarianism and the response of earth scientists to the theory of impact crises. In: Catastrophes and evolution: astronomical foundations. Royal Astronomical Society (Hg), Cambridge, S. 13-24.
- ALBRITTON CC (1980) The abyss of time. San Francisco.
- BAILEY E (1962) Charles Lyell. London.
- BARTHOLOMEW M (1973) Lyell and evolution: an account of Lyell's response to the prospect of an evolutionary ancestry for man. Brit. J. Hist. Sci. 6, 261-303.
- BARTHOLOMEW M (1976) The non-progress of non-progression: two responses to Lyell's doctrine. Brit. J. Hist. Sci. 9, 166-174.
- CANNON WF (1976) Charles Lyell, radical actualism, and theory. Brit. J. Hist. Sci. 9, 104-120.
- COLEMAN W (1962) Lyell and the „reality“ of species: 1830-1833. Isis 53, 325-338.
- DESMOND A & MOORE J (1994) Darwin. München. (Original 1991 im Verlag Michael Joseph, London)
- FRTZSCHE T (1997) James Hutton (1726-1797) - ein Begründer der Geologie. Stud. Int. J. 4, 22-32.
- GOULD SJ (1992) Die Entdeckung der Tiefenzeit. dtv, München, S. 146-262.
- HSÜ K (1990) Die letzten Jahre der Dinosaurier. Basel.
- HÖLDER H (1989) Kurze Geschichte der Geologie und Paläontologie. Berlin.
- LAUDAN R (1977) Ideas and organisations in British geology: a case study in institutional history. Isis 68, 527-538.
- LAUDAN R (1982) The role of methodology in Lyell's science. Stud. Hist. Phil. Sci. 13, 215-249.
- LYELL C (1830-33) Principles of Geology, being an attempt to explain the former changes of the earth's surface, by reference to causes now in operation. Vol. 1-3. Faksimile-Ausgabe der 1. Aufl., Chicago, 1990.
- MCCARTNEY PJ (1976) Charles Lyell and G. B. Brocchi: A study in comparative historiography. Brit. J. Hist. Sci. 9, 175-189.
- MORRELL JB (1976) London institutions and Lyell's career: 1820-41. Brit. J. Hist. Sci. 9, 132-146.
- OSPOVAT AM (1976) The distortion of Werner in Lyell's Principles of Geology. Brit. J. Hist. Sci. 9, 190-198.
- PAGE LE (1976) The rivalry between Charles Lyell and Roderick Murchison. Brit. J. Hist. Sci. 9, 156-165.
- PORTER R (1982) Charles Lyell: The public and private faces of science. Janus 69, 29-50.
- RUDWICK MJS (1974) Poulett Scrope on the volcanoes of Auvergne: Lyellian time and political economy. Brit. J. Hist. Sci. 7, 205-242.
- RUDWICK MJS (1975) Caricature as a source for the history of science: De la Beche's anti-Lyellian sketches of 1831. Isis 66, 534-560.
- RUDWICK MJS (1978) Charles Lyell's dream of a statistical paleontology. Paleontology 21, 225-244.
- RUDWICK MJS (1990) Einleitung zu Lyell: Principles of Geology (1830-1833).
- RUSE M (1976) Charles Lyell and the philosophers of science. Brit. J. Hist. Sci. 9, 121-131.
- TASCHP (1977) Lyell's geochronological model: published year values for geological time. Isis 68, 440-442.
- WILSON LG (1967) The origins of Charles Lyell's uniformitarianism. In: ALBRITTON (ed): Uniformity and simplicity. Geol. Soc. Amer. Spec. Paper 89, 35-62.
- WILSON LG (1980) Geology on the eve of Charles Lyell's first visit to America, 1841. Proc. Am. Phil. Soc. 124, 168-202.
- WHEWELL W (1872) The two antagonist doctrines of geology. Reprint von: History of the Inductive Sciences from the Earliest to the Present Time, vol. 2, Appleton, New York, pp 586-598.
- ZENGER DH (1986) Lyell and episodicity. J. Geol. Education 34, 10-13.