

2022 NATUR
UND
MENSCH



JAHRESMITTEILUNGEN
der
Naturhistorischen Gesellschaft
Nürnberg e.V.

2023

**Natur und Mensch – Jahresmitteilungen 2022
der Naturhistorischen Gesellschaft Nürnberg e.V.**

ISSN 0077-6025

Für den Inhalt der Texte
sind die jeweiligen Autoren verantwortlich

Auflage 500

©Naturhistorische Gesellschaft Nürnberg e.V.
Marienortgraben 8, 90402 Nürnberg
Telefon (0911) 22 79 70
Internet: www.nhg-nuernberg.de

Aufnahme und Verwertung in elektronischen
Medien nur mit Genehmigung des Herausgebers

Layout, Satz: A.telier Petschat, Anke Petschat

Cover: Eine Wollbiene (*Anthophora plumipes*) beim Besuch an einer Salbeiblüte; neben dem Pollen-Vorrat an den Hinterbeinen, den dieses Weibchen in ihr Nest für die Versorgung der Brut einträgt, sieht man von der Blütenmechanik auf den Bienenrücken aufgetupften Pollen, mit dem die Pflanzen die Bestäubung ihrer Blüten sichern – gegenseitiges Geben und Nehmen. Foto aus einer Studie der Entomologischen Abteilung am Insektenreich im Marienbergpark

Coverfoto © Klaus Mühlhofer
Bildbearbeitung, Satz und Gestaltung A.telier Petschat, Anke Petschat

Gefördert durch:



**Die Bürgermeisterin
Geschäftsbereich Kultur**

Gottfried Hofbauer

Zur Vorgeschichte der Geologie

Zusammenfassung

Eine wissenschaftliche Geologie mit einer sich zusammenhängend entwickelnden Forschungslogik begann erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts. Dieses späte Erscheinen ist insofern erstaunlich, wurden doch für diese Wissenschaft außer „Verstand und Hammer“ (*mente et malleo*) keine besonderen technischen Hilfsmittel benötigt. Offenbar waren es kognitive Hindernisse, die die Entwicklung geologischen Denkens – etwa im Vergleich zu Astronomie und Physik – bis ins späte 17. Jahrhunderts behinderten. Die hier vorgelegte kritische Betrachtung dieser frühen, als „Vorgeschichte“ anzusehenden Zeit versucht, diese kognitiven Hindernisse deutlich zu machen.

An Albrecht Dürer und Leonardo Da Vinci lässt sich zeigen, dass der Blick in die Natur zwar schon mit der Malerei der Renaissance (15./16. Jahrhundert) eine erstaunliche, als „wissenschaftlich“ zu bezeichnende Qualität erreichte, doch der Blick auf die Welt als Ganzes keinen Anstoß für erdgeschichtliche Fragestellungen zu geben vermochte. Irritationen wie Meeresfossilien in den Bergen oder die Wahrnehmung der erosiven Kraft des Wassers waren zufällig und reichten nicht aus, um das naturphilosophische Interesse an natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche anhaltend anzuregen.

Die in dieser Zeit vorherrschende, mit mythischen Denkmustern des Neoplatonismus durchdrungene Naturphilosophie hatte weder die Mittel, die Entstehung von Erzen und Metallen zu verstehen, noch die Gesteine

hinreichend zu unterscheiden. Die häufig angenommene Analogie zwischen Makrokosmos (Erde) und Mikrokosmos (menschlicher Körper) sowie die Fokussierung auf die Aspekte des Bergbaus und Hüttenwesens waren nicht geeignet, um einen empirisch tragfähigen Ansatz zu einem Verständnis vom Bau der Erdkruste hervorzubringen.

Im Gegensatz dazu wurde die Entwicklung von Physik und Astronomie von mythischen Denkmustern der frühen Neuzeit unterstützt. Der Gedanke, die göttliche Ordnung der Welt würde in geometrisch idealen Mustern Ausdruck finden, konnte diese Wissenschaften beflügeln. Zudem war deren Entwicklung nicht durch das Unverständnis chemischer Prozesse behindert, sondern vor allem visuell gestützt.

So führte der Weg zu einer späteren Geologie schließlich über die Astronomie. Die Entdeckung von Bergen und Kratern auf dem bis dahin als eine glatte Kugel angesehenen Mond vermochte es, einen neuen Blick auf die Erde anzuregen. Nun begann man, nach der Entstehung von Kontinenten, Gebirgen und Ozeanen zu fragen. Dies war eine erste Art von „Forschungslogik“, die schließlich in der Mitte des 18. Jahrhunderts dazu führte, dass Gelehrte ihren „Platz am warmen Ofen“ verließen, um den Aufbau der Erde im Gelände zu studieren.

1. Geologie – eine späte Wissenschaft

In der Geschichte des Denkens erscheint die Geologie als eine sehr späte Wissenschaft. Sieht man von schon in der griechischen An-

tike erreichten geographischen Ergebnissen ab – wir denken hier vor allem an die Kalkulation des Erdumfanges durch Eratosthenes – hat es bis in das 18. Jahrhundert gedauert, bis von einem Beginn der Geologie im modernen Sinn gesprochen werden kann. Zu jener Zeit waren wesentliche Grundlagen der modernen Astronomie und Himmelsmechanik bereits bekannt: Johannes Kepler hatte das heliozentrische Modell des Kopernikus auf eine präzise astronomische Grundlage gestellt, der es zur allgemeinen Akzeptanz verhalf (*Astronomia Nova* 1609), und Newton hatte in seiner *Principia* (1687) die Gravitation als die Kraft bestimmt, der wir die Ordnung des Planetensystems verdanken.

Bedenkt man weiterhin, dass die Geologie lange alleine mit „dem Verstand und dem Hammer“ betrieben werden konnte, wird klar, dass es nicht technische oder instrumentelle Hindernisse gewesen sein konnten, die die Hinwendung zu einer „Wissenschaft von der Erde“ so lange hinausgezögert haben. Es müssen kognitive Barrieren gewesen sein, die einem solchen Gang der Erkenntnis im Weg standen.

Tatsächlich sind insbesondere Astronomie und Geometrie die wohl ältesten Wissenschaften. Das mag für manchen erstaunlich klingen, dessen Blick auf den Himmel durch das Dach eines Hauses verstellt ist. Doch der Gang der Sterne und Planeten, ja schon der tägliche Weg der Sonne und die wiederkehrenden monatlichen Veränderungen des Mondes, musste den Menschen unter einem noch unverstellten Himmel als nicht endendes wie spektakuläres Schauspiel erschienen sein. Ein nächster Schritt war es, diese Beobachtungen auch mit praktischen Zwecken zu verbinden – so war es von erheblicher Bedeutung, die Sonnenwenden bewusst zu erfassen, um die für den Sommer oder Winter vorgesehenen Aktionen auf den Weg zu bringen. Zahlreiche vorgeschichtliche Ring-

anlagen zeugen von der frühen Zeit solcher astronomisch geprägten Kulturen¹.

Allein die Geometrie, nicht die Sprache, konnte die Aufzeichnung der Himmelsbewegungen ermöglichen. So gehen auch die Sternzeichen auf imaginäre Bilder zurück, die infolge der linienhaften Verbindung von Sternen bis heute tradierte geometrische Figuren sind. Der Schritt von einer aufzeichnenden Geometrie zu einer Wissenschaft erfolgte, als man geometrische Formen – Linien, Kreise und weitere Figuren – abstrahierte und über die Beziehungen allein zwischen diesen Formen nachzudenken begann: der Satz des Pythagoras ist ein bekanntes Beispiel dieser frühen Wissenschaft.

Wir verstehen „Wissenschaft“ hier als eine intellektuelle Beschäftigung mit Fragen, die nicht unmittelbar auf technische oder handwerklichen Anwendungen zielen, sondern zuvorderst dem „reinen“ Erkenntnisinteresse dienen. Diese Unterscheidung mag heute kaum mehr in einer solchen Schärfe möglich sein. Wissenschaft ist spätestens im 19. Jahrhundert zu einem institutionell immer weiter differenzierten, stark anwachsenden System geworden, erst in diesem Verlauf ist auch die Bezeichnung „Wissenschaftler“ angekommen².

¹ Siehe etwa die Kreisgrabenanlage bzw. das „Sonnenobservatorium“ von Goseck, errichtet vor ca. 6900 Jahren. Nahe Nürnberg liegt die ähnlich alte Kreisgrabenanlage von Ippesheim.

² Der Begriff „Wissenschaftler“ ist erst in dieser Zeit als Eindeutigung des in England geschaffenen Begriffs *scientist* entstanden. Damit wurde der vielseitig interessierte Gelehrte (*scholar, homme des lettres, Polyhistor, der Naturphilosoph oder „Naturforscher“*) abgelöst. Die Bezeichnung soll auf den Engländer William Whewell zurückgehen, der in einer Rezension von Mary Somerville's Buch *On the Connexion of the Physical Sciences* diesen Vorschlag macht. [William Whewell Review] 'On the Connexion of the Physical Sciences. By Mrs. Somerville'. *Quarterly Review* vol. LI, no. CI, March 1834, pp. 54–68.

In früheren Zeiten mussten die Gelehrten ihre wissenschaftlichen Bemühungen überwiegend aus eigener Tasche finanzieren (auch wenn sie möglicherweise Anstellungen als Hauslehrer, Bibliothekar oder ähnliches hatten – aber diese Tätigkeiten war nicht der eigentliche Gegenstand ihrer wissenschaftlichen Bemühungen). Die Geologie ist in dieser Hinsicht sogar besonders aufwendig, da sie – einigermassen ernsthaft betrieben – nicht ohne längere Geländeaufenthalte auskommt. Die Ausübung dieser Wissenschaft war deshalb in ihrer frühen Zeit, insbesondere in ihrer konstitutiven Phase im späten 18. und der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts, nahezu ausschließlich einer gesellschaftlich privilegierten sowie wirtschaftlich weitgehend unabhängigen Elite möglich³.

Wenn sich mit Gelehrtentum und der Publikation von „Wissen“ (zumeist) kein oder nicht viel Geld verdienen ließ oder es gar Kosten verursachte – warum haben Menschen sich einer solchen „brotlosen Kunst“ überhaupt gewidmet? Tatsächlich sind es im wesentlichen zwei Gründe: Erkenntnisinteresse und soziale Distinktion. Auffällige Dinge zu sehen, aber nicht zu verstehen, kann Menschen mit Selbstwertanspruch und

Reflexionsvermögen beunruhigen oder gar herausfordern. Adam Smith, selbst ein Gelehrter dieses Typs, hat in seiner Geschichte der Astronomie (1795) diese Erklärung vorgebracht⁴.

Den zweiten Grund findet man – in der Literatur allerdings weniger betont – in der Eitelkeit und dem Geltungsbedürfnis des Menschen, der sich über andere erheben möchte. Diesem Bedürfnis nach Ruhm nicht mit Geld, Macht oder gar Krieg, sondern mit Wissenschaft nachzugehen, hat bei aller möglichen Selbstsucht noch immer etwas anrührendes. Wenn man mit einem schriftlichen Beitrag in den Bibliotheken aufgenommen wird, ist man in gewissem Sinn schon unsterblich geworden – um heute diesen Status zu erreichen, reicht es, bei thematischen Recherchen in *Google Scholar* gefunden zu werden⁵.

Die soeben angesprochen Unterscheidung von Handwerk/Technik und Wissenschaft ist besonders in Hinblick auf die Geschichte der Geowissenschaften wichtig. Würde man den Gebrauch und das Zuschlagen von Steinwerkzeugen als Wissenschaft ansehen, dann hätte diese schon bei den frühen Menschen oder gar den vorangegangenen Primaten be-

³ Eine solche Elite gab es vor allem in Großbritannien. Die Entwicklung der Geologie im heutigen Sinn wurde dort in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts in besonderer Weise von „gentlemen“ vorgebracht. Dort wurde im Jahr 1807 mit der *Geological Society of London* auch die erste geologische Gesellschaft überhaupt gegründet. Diese Gesellschaft war sozial ausgesprochen elitär und nahm in ihrer ersten Zeit nur Personen von Stand, also „gentlemen“, auf. Porter, R. (1978) Gentlemen and geology: the emergence of a scientific career, 1660–1920. *The historical journal*, 21(4), 809–836. Rudwick, M. J. (2011) *The great Devonian controversy: The shaping of scientific knowledge among gentlemanly specialists*. University of Chicago Press. Sakula, A. (1990). Gentlemen of the hammer: British medical geologists in the 19th century. *Journal of the Royal Society of Medicine*, 83(12), 788–794. Woodward, Horace B. (1907) *The history of the Geological Society of London*. Longmans, Green, London 1907.

⁴ Adam Smith 1795 *Essay on philosophical subjects*, London: darin: *The principles which lead and direct Philosophical Enquiries*. Demnach wird die wissenschaftliche Forschung von dem Bedürfnis getragen, aus Unverständnis kommende Irritationen des Verstandes aufzulösen und so wieder Ruhe zu finden. Gerade besonders auffällige Erscheinungen oder Vorgänge fordern das Verständnis des „Philosophen“ heraus. Gelingt es ihm, diese Erscheinungen mit einer **unsichtbaren Kette von Ursache-Wirkungs-Effekten** zu einem schlüssigen Gesamtgefüge zu verbinden, hat er die von ihm selbst gestellte Aufgabe erfüllt und kann sich mit Ruhe und Genugtuung zurücklehnen und dem Lauf der Dinge – nun mit vertieftem Verständnis – folgen.

⁵ Die erste große wissenschaftliche Bibliothek unserer menschlichen Geschichte wurde im hellenistischen Alexandria aufgebaut – sie ist allerdings mitsamt den in ihr bewahrten Schriften völlig verloren gegangen.

gonnen. Tatsächlich wurden geologische Objekte durch die ganze Menschheitsgeschichte genutzt, gesammelt und schließlich auch im großen Stil bergbautechnisch gewonnen, ohne dass ein begleitendes Forschungsprogramm zur Entstehung dieser Gegenstände oder gar über den Bau der Erde und ihre Geschichte in Gang kam. Die Geschichte der Geologie bestätigt eine solche Trennung von wissenschaftlicher und handwerklich/technischer/bergbaulicher Entwicklung in allen wichtigen Schritten ihrer Geschichte⁶.

Während die Trennung von angewandten handwerklichen-technischem Wissen und abstrahiertem Wissen im Rückblick relativ klar zu treffen ist, ist der Bereich des von der Praxis losgelösten Wissens nicht selbstverständlich Wissenschaft – zumindest nicht Wissenschaft in dem Sinn, wie er sich im 17. und 18. Jahrhundert herausgebildet hat. Ein solches losgelöstes Wissen hat nicht immer gleich schon unserem empirisch wie rationalistisch definierten Begriff von Wissenschaft entsprochen, denn die Loslösung von handwerklichen Tätigkeiten oder praktischen Zwecken beginnt bereits mit dem mythologischen Denken.

So erfolgte der Weg zum wissenschaftlichen Denken in vielen Fällen über mythologische Zwischenschritte, bis schließlich die Forderung nach ausreichender empirischer Referenz oder stimmiger rationaler Struktur lauter wurde und dem dann auch Genüge getan werden konnte. Eine solche Entwicklung lässt sich in unserer Geschichte gleich zweimal beobachten: im antiken Griechenland sowie dann bei der frühneuzeitlichen

Wiederaufnahme der Wissenschaften nach dem Mittelalter.

Allerdings muss man sehen, dass selbst die moderne Wissenschaft nicht grundsätzlich völlig frei von mythologischem Denken ist. Indem Wissenschaft auf der einen Seite das Wirkungsgefüge der „realen“ Welt erfassen will, strebt sie in mancher Hinsicht doch zugleich auch nach Erkenntnis transzendenter, ewiger „Wahrheiten“. Dieses geschieht insbesondere in der Physik (inklusive der Astronomie und Kosmologie), aus deren Perspektive die Welt – einem Diktum Galileis folgend – in der „Sprache der Mathematik“ geschrieben ist. Geometrische Formen wie auch arithmetisch ausgedrückte Verhältnisse sind aber schon für sich gesehen Idealisierungen, die in derart reiner Gestalt in der Natur nicht als notwendig vorausgesetzt werden können und auch der Erfahrung zufolge nicht vorkommen.

In der frühen Neuzeit – für die wir hier eine Vorgeschichte der Geologie versuchen – war es allgemeine Überzeugung, dass die Ordnung der Welt idealen geometrischen Formen folgt. Das war die Erwartung, die man an einen göttlichen Schöpfer hatte (der so offenbar den wissenschaftlichen Idealen genügen musste...). So hat die Suche nach geometrischer Vollkommenheit, wie wir sie in der Astronomie wie aber auch bei den Malern der Renaissance als ein zentrales Motiv finden, gewiss keine Anregung geboten, sich mit dem Bau der Erde zu befassen. Deren Erscheinungsbild schien eher einer Ruine zu gleichen, die am bald zu erwartenden jüngsten Tag ohnehin in Flammen aufgehen würde.

2. Dürer und die Nürnberger Humanisten

Die Tradierung antiken Wissens ist bekanntlich nur zu einem Teil in der mittelalterlichen christlichen Kultur selbst erfolgt. Arabische Autoren haben besonders in der oft als „Blütezeit“ bezeichneten Reich der Abassiden

⁶ Das steht im deutlichen Gegensatz zu einer jüngst erschienenen Wissenschaftsgeschichte, die sich allerdings auf die klassische Physik und deren Verbindung mit der Mechanik konzentriert: Renn Jürgen (2022) Die Evolution des Wissens. Eine Neubestimmung der Wissenschaft für das Anthropozän. – Berlin (Suhrkamp).

(ca. 750-1250 n. Chr) antikes Gedankengut aufgegriffen, weitergegeben, auch verändert und bereichert (Bauer 2018). Die Entwicklung von für den Betrieb von Wissenschaft günstigen Bedingungen wurden durch die Ausbreitung einer städtischen Kultur sowie einem hinreichendem Wohlstand ermöglicht: nur so konnten sich entsprechend privilegierte Menschen „unnützen“ wissenschaftlichen Arbeiten widmen.

Ähnliche Bedingungen wurden in Mitteleuropa erst später erreicht und erst wirksam, als im 15. Jahrhundert in Städten ein wohlhabendes Bürgertum entstand. Nürnberg kann hier in mehrfacher Hinsicht als idealtypisch angesehen werden: Durch internationalen Handel reich gewordene Kaufleute begannen, sich durch literarische Bildung und der Kenntnis alter Sprachen (Latein, griechisch, auch hebräisch) als intellektuelle Elite abzuheben und Teil der später (erst ab dem 19. Jahrhundert) als „Humanismus“ bezeichneten Bewegung zu werden⁷.

Nürnberg ist auch noch in weiterer Hinsicht eine Lokalität, von der aus man dieses Thema anschaulich entwickeln kann. Hier startet mit der *Schedelschen Weltchronik* (1493) eines der ersten publizistischen Großprojekte, das auf den um die Mitte des 15. Jahrhunderts erfundenen Buchdruck gründete. Mit dem Buchdruck konnte wissenschaftliches

Wissen nicht nur fixiert und tradiert werden, sondern auch schon bald populärwissenschaftliche Breitenwirkung erzielen.

Der im Jahr 1471 geborene Albrecht Dürer hat zu dieser Entwicklung beigetragen. Mit sehr hoher Wahrscheinlichkeit hat er – noch als Lehrling bei Michael Wohlgemut (1434/37-1519) – Holzschnitte zu der reich illustrierten Schedelschen Weltchronik angefertigt. Der Erfolg Dürers ist in erheblichem Maß auch auf den Buchdruck gegründet, der ihm die Ausgabe von – auch mit mehr oder weniger Text versehenen – Holzschnitt-Sammlungen ermöglichten. So hat er im Jahr 1498 die 15 Holzschnitte zur Apokalypse zusammen mit dem dazugehörigen Bibeltext herausgegeben, was offenbar ein beträchtlicher geschäftlicher Erfolg war.

Dürer vermochte schon bald als Maler neue Maßstäbe zu setzen. Dies nicht nur in der Porträtkunst, sondern auch in seiner Hinwendung zur „Natur als dem einzigen wahren Lehrmeister“ (Hess 2012b). Während Dürers Humanistenfreunde – voran Celtis und Pirckheimer – ihre intellektuellen Qualitäten auf der literarischen Ebene entwickelten, widmete sich Dürer der visuellen. Mehr als seine Freunde wird er damit zu einem „Natur-Wissenschaftler“, der die erst wenige Jahrzehnte davor in Italien entwickelte Zentralperspektive für die räumliche treffende Darstellung seiner Objekte einsetzt. Im Jahr 1525 bringt er schließlich sogar selbst ein Lehrbuch zur *Underweysung der Messung mit dem Zirckel und Richtscheit* heraus (Abb. 1).

3. Die Zentralperspektive

Die Erfindung der Zentralperspektive kann als ein grundlegender Schritt zur modernen Wahrnehmung der Welt gesehen werden (Schmeiser 2002). Deren Erfindung geht demnach auf archäologische Rekonstruktionsversuche zurück, die der späte-

⁷ Der Begriff „Humanismus“ wurde erst im 19. Jahrhundert in Deutschland in einer Phase geprägt, in der der Rückgriff auf antike Kulturtraditionen erneut populär wurde (siehe etwa das von Wilhelm von Humboldt propagierte Bildungsideal). In dem eigentlichen „Renaissance-Humanismus“ bezeichneten sich die Gelehrten selbst als Philosophen, Historiker oder auch Dichter – siehe Conrad Celtis, der im Jahr 1487 von Kaiser Friedrich III. in Nürnberg gar zum *Poeta laureatus* („Lorbeer bekränzten Dichter“), „gekrönt“ wurde. Nürnberg galt unter den Humanisten jener Zeit als ein „place to be“ – so die Süddeutsche Zeitung am 6. Mai 2018, <https://www.sueddeutsche.de/bayern/humanismus-jerusalem-babylon-nuernberg-1.3967228>

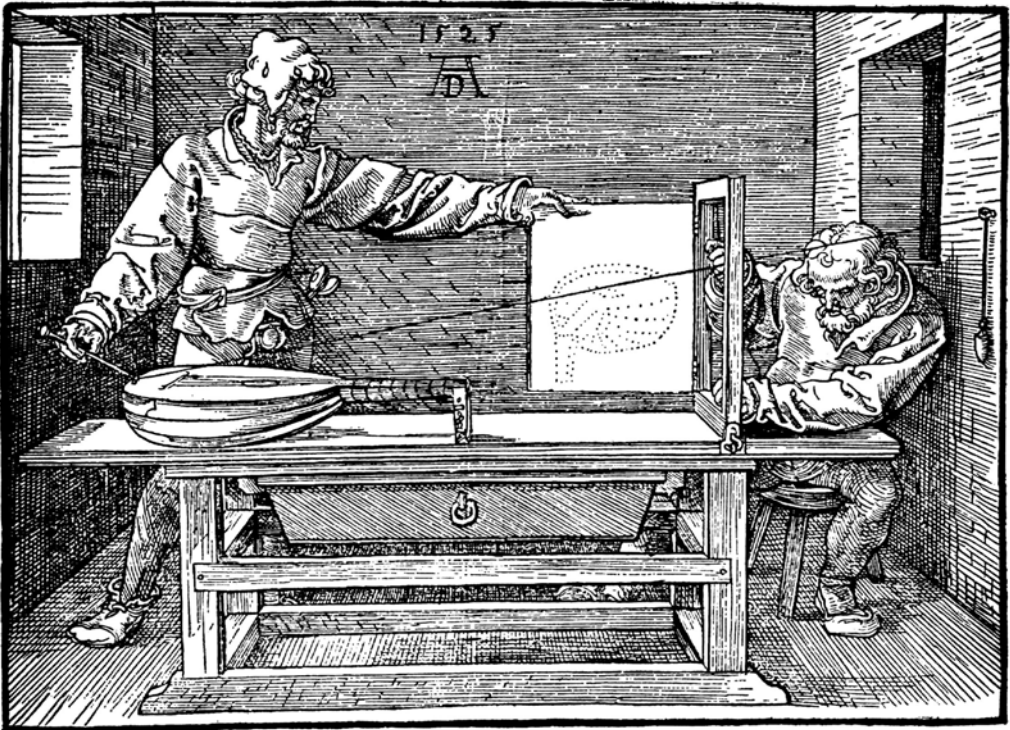


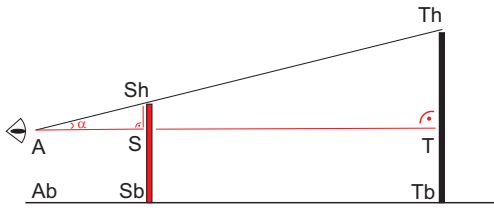
Abb. 1: Holzschnitt aus Dürer (1525) *Unterweysung der messung mit dem zirckel un richtscheyt*. Nürnberg. Der Sehstrahl wird hier – didaktisch deutlich – als Schnur auf den rechts an der Wand fixierten Fluchtpunkt zugeführt. Da die Leinwand im Weg stünde, wird der Schnittpunkt mit der Bildebene aus dem durchgängigen Rahmen „koordinatengerecht“ auf die Leinwand übertragen

re Baumeister der Kuppel des Florentiner Doms, Filippo Brunelleschi (1377-1446) an den antiken Ruinen in Rom vorgenommen hat. Um sich eine Vorstellung von den wahren Dimensionen dieser Gebäude zu machen, hat er mit einem an sich einfachen geometrischen Verfahren die Höhen der noch stehenden Mauern kalkuliert. Die Zentralperspektive folgt im Grunde dem gleichen Verfahren: statt nur einem Sichtstrahl zu folgen, werden die ins Bild gehaltenen Objekte nun mit ganzen Bündeln solcher Linien auf den Betrachter hin zentriert (Abb. 2). Ein Vergleich mit der Messung des Erdumfangs bei Eratosthenes (ca. 276-194 v. Chr.) zeigt, wie einfach und effizient die Geometrie zur Anwendung kam und Brunelleschi im Grunde nahtlos an

die antike wissenschaftliche Tradition anschließen konnte (Abb. 3).

Die Geometrie mag auf den ersten Blick als das direkte Gegenteil künstlerischer Kreativität erscheinen. Aber tatsächlich wird sie nun zum essentiellen Gerüst des Malers. Damit dringt die Geometrie aus der Sphäre der Naturphilosophie aber nicht nur in die Malerei, sondern zugleich in die visuelle Wahrnehmung der Außenwelt vor. War die Geometrie bis dahin die kennzeichnende Kompetenz der Philosophen, so wird nun auch der Maler zum Philosophen.

Die rasche Ausbreitung dieser Technik in der Malerei jener Zeit war mehr als eine Modeerscheinung. Die Zentralperspektive verän-



gesucht: Höhe Turm (Tb-Th)

direkt messbar/bekannt:

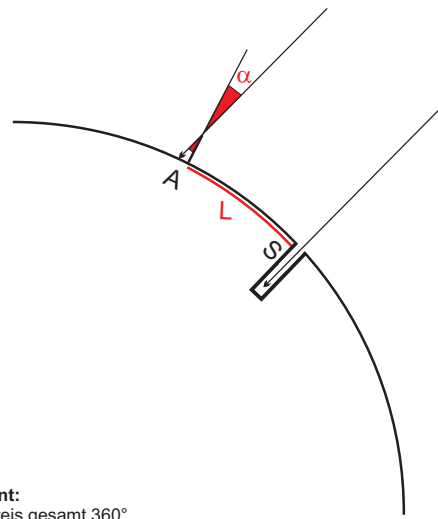
- Abstand Auge/Stab **A-S** (bzw. Standpunkt Betrachter Ab/Stabbasis Sb)
- Abstand Auge/Turm **A-T** (bzw. Standpunkt Betrachter Ab/Turmbasis Tb)

es ergeben sich zwei ähnliche rechtwinklige Dreiecke: A-S-Sh und A-T-Th so dass das Verhältnis A-S/S-Sh gleich A-T/T-Th die gesuchte Turmhöhe T-Th ergibt sich somit aus dem Produkt $(A-S/S-Sh) \times A-T$ (zu T-Th muss allerdings noch die Augenhöhe Tb-T dazu gezählt werden, um die gesamte Turmhöhe Tb-Th zu erhalten)

Abb. 2: Aus der Höhenpeilung, wie sie Brunelleschi beim Studium antiker Gebäude in Rom angewandt haben soll, lässt sich durch Umkehr ein Sehstrahl im Sinne der Zentralperspektive gewinnen (nach Schmeiser 2002). Nur dass dann ein einziger Sehstrahl für die Abbildung eines räumlichen Objekts nicht reicht – vgl. etwa die Laute bei Dürer. – Grafik verändert nach Schmeiser 2002.

derte die Bedeutung einer Abbildung grundsätzlich. Die christliche Malerei des Mittelalters hatte im Grunde keinen Anspruch auf eine naturgetreue bildhafte Darstellung und diente vor allem der Illustration der Heiligen Schrift. Die bildlichen Darstellungen von Heiligen mussten stets die gleichen charakteristische Merkmale aufweisen, um sie zuverlässig als die jeweiligen Figuren aus der Heiligen Schrift wahrnehmen zu können. Die Bilder sprachen somit nicht für sich, sondern dienten in erster Linie als visuelle Verweise auf die Bibel.

Mit der Zentralperspektive begann die Malerei jedoch, einen Anspruch auf eine korrekte Wiedergabe der tatsächlich sichtbaren Welt zu entwickeln. Dies betraf schon bald nicht nur mehr Innenräume oder Orte, in denen anfangs vor allem immer noch die aus der Bibel bekannten Szenen platziert wurden. Profane Porträts und schließlich die Erfassung der natürlichen „Außenwelt“ folgten: Ortsansichten, Natur, Landschaft. Der Maler konnte nun nicht nur die Welt sichtbar reproduzieren – jedes Gemälde wurde so auch zu einem eigenen visuellen Schöpfungsakt.



bekannt:

- Vollkreis gesamt 360°
- Sonnenstrahlen parallel
- Alexandria (A) und Syene (S) auf dem gleichen Längengrad
- Entfernung AS = L ist messbar

$\alpha = 7,2^\circ (=1/50 \text{ von } 360^\circ)$
dann muss auch L 1/50 vom Gesamtumfang sein:
also ist der Erdumfang $50 \times L$

Abb. 3: Die Kalkulation des Erdumfangs nach Eratosthenes gründet ebenfalls auf eine einfache geometrische Beziehung. Die Lösung ergibt sich aus einem klassischen Dreisatz, der den gemessenen Schattenwinkel auf den vollen Kreisumfang hochrechnet.

Dürers älterer Zeitgenosse Leonardo da Vinci (1452-1519) hat diese neue Rolle des Malers nahezu euphorisch herausgestellt: „Der Geist des Malers »verwandelt sich (...) in eine Ähnlichkeit des göttlichen Geistes (*si trasmutta in una similitudine di mente divina*), seine Zeichnung übertrifft die Natur und ist mithin gebührend eine Gottheit zu nennen, die alle sichtbaren Werke des höchsten Gottes wiederholt“ (Zitat Leonardos in Schmeiser 2002, p. 61). Der Maler wird zu einem zweiten „Schöpfer“ und damit erst recht zum Ebenbild Gottes.

Die Anforderung an einen Maler wurden damit schlagartig auf eine völlig neue Ebene gehoben. Es konnte nicht genügen, allein die räumliche Perspektive treffend wiederzugeben, sondern es galt, nun auch die Gegenstände so darzustellen, wie sie tatsächlich – und zwar mit scharfem Auge! – zu sehen waren. Um diesen reproduzierenden Schöpfungsakt zufriedenstellend lösen zu können, war es mit der bloßen Ansicht nicht getan.

Es bedurfte des reflektierenden Sehens: man musste einen Körper in seiner – auch anatomischen – Architektur erfassen, um ihn als Gesamtes naturgetreu wieder zusammenfügen zu können (vgl. das Skizzenbuch Dürers *Von menschlicher Proportion* 1528). Um die Oberfläche eines Gegenstandes treffend wiedergeben zu können, musste der Pinsel in spezifischer Weise geführt werden: ein Fell, eine feuchte Rinderschnauze, ein Grashalm – jeweils eine Schöpfungsakt für sich.

Indem der Maler ein tieferes Verständnis von Aufbau, Struktur und Stofflichkeit seiner Gegenstände bedurfte, wurde er aber auch zum Wissenschaftler. Betrachtet man die Portraits und Selbstportraits Dürers, könnte man sogar noch weiter gehen und sagen: diese Darstellungen bringen auch das Wesen – oder auch die „Seele“ oder „Psyche“ – des Porträtierten zum Ausdruck. Dürers Werke enthalten aber mitunter auch bewusst eine philosophische Dimension: Neben der psychologischen Tiefe seiner Porträts treffen wir auch auf Bilder, die hintergründigen Humor oder auch philosophische Rätsel visualisieren. Auf eines jener Rätsel, die „Melencolia“, werden wir später zurückkommen.

4. Die Visualisierung geologischer Prozesse

Dennoch ist aber eine genaue Erfassung der visuell relevanten Merkmale eines Gegenstandes nur bedingt mit der Art des Befragens gleich zu setzen, wie sie ein Wissenschaftler – oder in der Terminologie jener Zeit – ein „Naturphilosoph“ anwenden würde. Der Typus eines weniger anspruchsvollen Natur-„Historikers“ lässt sich noch eher in Einklang bringen, da er im wesentlichen auf der sichtbaren Ebene agiert und die Dinge lediglich sammelt, vergleicht und ordnet. Aber geeignete Ordnungskriterien zu entwickeln, das wäre schon ein schöpferischer Akt

der Philosophie⁸. Dem Astronomen würde es möglicherweise genügen, die sichtbaren Erscheinungen im Himmel nur perspektivisch treffend zu verorten – aber am Ende ist es doch sein Ziel, sie in ein umfassendes Bewegungs-System zu integrieren.

Wenn wir nach der Möglichkeit geologischer Beobachtungen fragen, die nicht schon als das Resultat einer vorausgehenden Fragestellung anzusehen sind, dann können diese nur Vorgänge betreffen, die das Gesicht der Erde in erkennbarer Weise verändern: ein Hochwasser reißt das Ufer nieder oder überschüttet eine Wiese mit Sediment, ein Berggrutsch bringt einen ganzen Hang in Bewegung, ein Vulkan bricht aus⁹. Solche Vorgänge sind im Grunde beobachtbar – man müsste nur zur richtigen Zeit am richtigen Ort sein.

Würde der Maler tatsächlich Zeuge einer solchen Begebenheit (oder er bekommt sie zumindest von Augenzeugen anschaulich geschildert), dann würde er als nächstes vor

⁸ „Philosophy discards individuals; neither does it deal with the impressions immediately received from them, but with abstract notions derived from these impressions; in the composition and division whereof according to the law of nature and fact its business lies. And this is the office and work of Reason.“ Bacon F (1623) *De augmentis Scientiarum*, London (book 11, ch. I; engl. Version in: *The Works of Francis Bacon*, ed. J. Spedding, R.L. Ellis & D. D. Heath, vol. IV. London 1858, S. 292). Philosophie ist für den Verstand, Geschichte für das Gedächtnis – so eine häufige Zuschreibung der beiden Wissenschaftsformen, die sich auch in ihrer Sicht auf die Natur unterscheiden. Während die Philosophie die schöpferische Natur (*natura naturans*) zu verstehen versucht, kümmert sich die Naturgeschichte um die greifbaren Schöpfungen der Natur (*natura naturata*).

⁹ Im Jahr 1625 ereignete sich bei Gasseldorf (nahe Ebermannstadt) ein großer Berggrutsch. Solche Ereignisse wurden auch in jener Zeit rasch und in der Regel auch illustriert kommuniziert. Von diesem Ereignis gibt es gleich zwei Grafiken – beide sind auf der Website „LiD Landschaften in Deutschland“, Themenbereich „Hangrutsche in der Fränkischen Schweiz“ abgebildet und erläutert. https://landschaften-in-deutschland.de/themen/81_b_109-hangrutsche/



Abb. 4: Steinbruch mit Schichtung. Violette Lettenlagen wie im oberen Teil der Wand sind eine häufige Erscheinung im Burgsandstein. Dürer um ca. 1495-1497, London, British Museum.

der Frage stehen, ob er sie als einen bewegten Vorgang darzustellen versucht, sich mit einer Art „Momentaufnahme“ begnügt, oder das Endresultat dokumentiert. Ein heutiger kundiger Geologe kann die Zeugnisse solcher Vorgänge auch erkennen, wenn sie schon abgeschlossen sind und nur das „ruhende“ Bild eines solchen Endzustandes ergeben. Die Leistung des Geologen besteht dann darin, diesen Vorgang vor seinem geistigen Auge wieder zum Leben zu erwecken. Ein Maler zur Zeit Dürers hätte das aber nicht leisten können: das hätte der eigenen Erfahrung oder zumindest eines Augenzeugen bedurft.

Die Seltenheit solcher unmittelbar erkennbaren geologischen Vorgänge ist der Grund, warum auch ihre Endresultate nicht wahrgenommen werden konnten. So können wir von Dürer kaum erwarten, dass er die von ihm in einem der Nürnberger Steinbrüche gesehene Schichtung als Zeugnis eines geo-

logischen Vorgangs hätte reflektieren können (Abb. 4). Dürer hat diese Steinbrüche vermutlich wegen der Lichtstimmungen und ihres Farbenspiels mehrfach aufgesucht. Die mit Wasserfarben ausgeführten Bildnisse geben die visuellen Nuancen dieser Szenarien in wunderbarer Weise wieder.

Die Steinbrüche des unmittelbaren Nürnberger Umlandes sind ausnahmslos im Burgsandstein der Obertrias (Keuper) angelegt, und abgesehen von solchen gelegentlichen Schichtwechsel ist ihr Erscheinungsbild durchgehend sehr ähnlich. Der Sandstein dieser Formation war als Quelle für den Ausbau von Burg und Stadt von elementarer Bedeutung. Dieses Reservoir wurde als Glücksfall oder sogar als eine Art natürlicher Gnade empfunden. Die humanistische Szene war sich dessen bewusst – nach dem Tod des Dichturfürsten Celtis (1508) und Dürers (1528) war es Eobanus Hessus, der in seinem

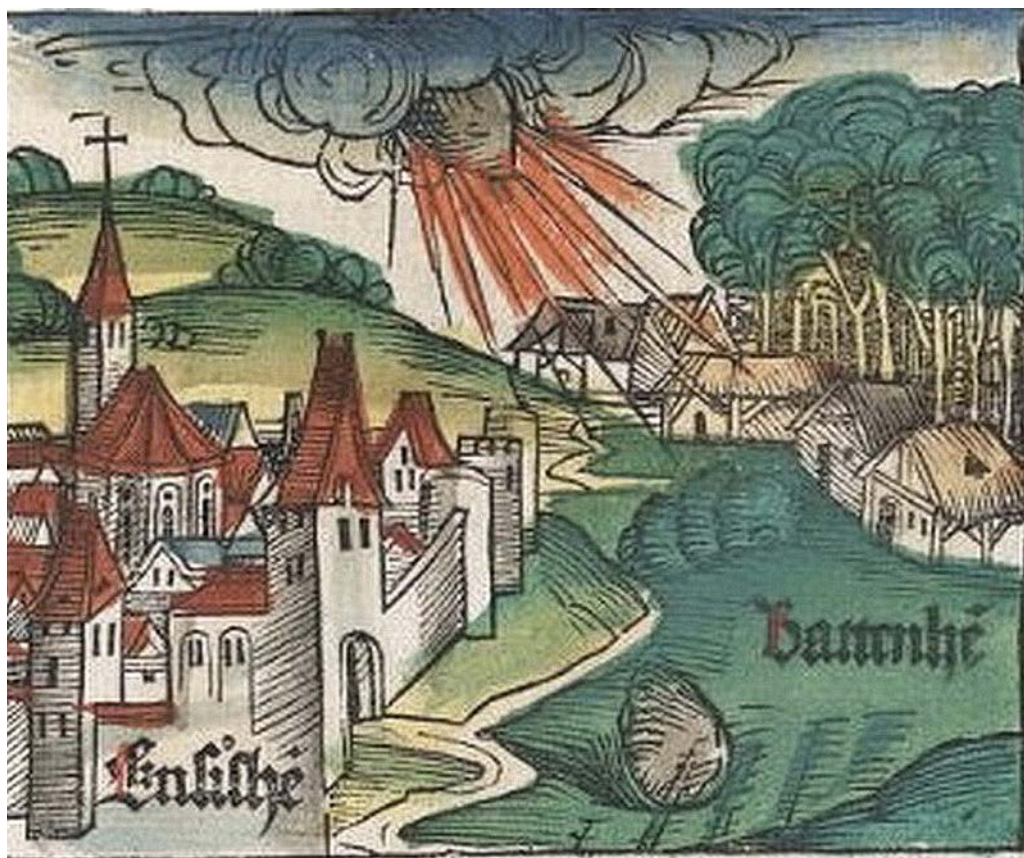


Abb. 5: Der Meteoritenfall von Ensisheim von 1492 – colorierter Holzschnitt in der Schedelschen Weltchronik 1493.

Urbs Noriberga (1532) die „aus ewig haltbarem Stein“ erbauten Häuser pries.

Um in diesem gleichförmig aussehenden Natur- wie Kulturraum eine Form „erdgeschichtlicher Aufmerksamkeit“ zu erregen, hätte es irritierender Ansichten bedurft. Ansichten, auf die man unvorhergesehen trifft und die Bekanntes in einem unbekanntem, möglicherweise gar verstörenden Zusammenhang zeigen. Muschelschalen oder Knochen in einem Gestein eingebettet, oder eine auffallende Verwerfung, in der zwei deutlich unterschiedliche Gesteine (oder Gesteinsformationen) aneinander grenzen. Das hat der Burgsandstein des

Nürnberger Umlandes aber nicht zu bieten.

Während Äpfel überall zur Erde fallen und physikalische Fragen im Grunde an jedem Ort zu jeder Zeit beobachtet und erforscht werden können, bedarf es zu Einblicken in den Aufbau und Geschichte der Erde günstiger Aufschluss-Situationen. So ist es im wesentlichen vom Zufall abhängig, ob eine vielleicht Aufsehen erregendes erdgeschichtliches Zeugnis an irgendeiner Stelle überhaupt ans Licht kommt, wobei im Sinne einer geologischen Auswertung als zweite Zufälligkeit auch noch ein geologisch kundiger Beobachter anwesend sein müsste.



Abb. 6: Dürer Albtraum. Aquarell und Tinte auf Papier 30x42 cm, Juni 1525, Kunsthistorisches Museum, Wien. Im Original ist darunter noch Dürers handschriftliche Schilderung seines Traumes erhalten: Im 1525 Jor nach dem pfnxstag zwischen dem Mitwoch und pfnztag in der nacht im schlaff hab ich dis gesicht gesehen wy fill großer wassern vom himmell fillen Und das erst traff das ertrich ungefer 4 meill fan mir mit einer solchen grausamkeit mit einem uber großem räuschn und zersprütztn und ertrenckett das gannz lant In solchem erschrack ich so gar schwerlich das ich doran erwachett edan dy andern wasser filn Und dy wasser dy do filn dy waren fast gros und der fill ettliche weit etliche neher und sy kamen so hoch herab das sy im gedancken gleich langsam filn. aber do das erst wasser das das ertrich traff schir herbey kam do fill es mit einer solchen geschwindigkeit wynt und braüsen das ich also erschrack do ich erwacht das mir all mein leichnam zitrett und lang nit recht zu mir selbst kam Aber do ich am morgn auff stund molet ich hy oben wy ichs gesehen hett. Got wende alle ding zu besten. In dieser Zeit entstand im Zusammenhang mit den Bauernkriegen und der Reformation auch in Nürnberg spürbare Unruhe – siehe Böhme (1995).

Wir können davon ausgehen, dass Dürer es nicht unkommentiert gelassen hätte, wenn irgendeine Beobachtung Irritationen ausgelöst hätte. Zwei solcher Irritationen sind allerdings doch an ihm haften geblieben. Die erste betrifft den Meteoritenfall von Ensisheim (Elsaß) im Jahr 1492. Dürer soll sich damals ganz in der Nähe in Basel aufgehalten haben – die Nachricht dürfte ihn sehr zeitnah erreicht haben. Ein Jahr später findet sich davon ein Holzschnitt in der Schedelschen Weltchronik – wir wissen allerdings nicht, ob dieser Schnitt von Dürer selbst stammt (Abb. 5). In dieser Darstellung ist die Dynamik des in die Atmosphäre eindringenden Himmelskörper mit suggestivem Ausdruck wiedergegeben.

Die zweite Irritation war ein Albtraum, in dem ein sintflutartiger Niederschlag die Apokalypse einzuleiten schien. Dürer hat diesen Traum mit Wasserfarben wiedergegeben, wobei er den zentralen Bereich des Niederschlags wie eine massive Walze auf

die Landschaft treffen lässt. Es scheint, als ob die Gewalt dieses Traums den Maler dazu drängt, diese Bewegung auch in das Bild zu bringen (Abb. 6).

Ansonsten zeigt das Werk Dürers eine durchgehend statische Erfassung seiner Gegenstände. Das ist insbesondere bei Porträts auch nicht anders zu erwarten. Aber auch seine berühmt gewordenen Naturansichten wie das Rasenstück, der Hase oder die Federn eines Vogelflügels sind statisch erfasst. Dürers Konzentration galt nicht der Wiedergabe bewegter Prozesse, sondern der Erfassung der Strukturen und Texturen. Das gilt auch für seine Steinbruch-Bilder und Ansichten zumeist friedlich wirkender Landschaften.

Dürer hat sich offensichtlich immer mal wieder in die Landschlösser seiner Humanistenfreunde einladen lassen und bei solchen Gelegenheiten auch Bilder gemalt. Beispiele hierfür sind die Ansichten, die er – wohl



Abb. 7: Dürers Blick über Kalchreuth auf den Südhang des Hetzleser Berges – ca. 1511, Kunsthalle Bremen. Das Foto wurde seitlich gepresst, um es mit den von Dürer wiedergegebenen Strukturen in der Landschaft zur Deckung zu bringen – siehe auch http://www.geo-digibib.nhg-nuernberg.de/regioexkurs/exkursion_01/exkursion_01.htm

am Fenster sitzend – über Kalchreuth oder über Eschenau hinweg zur Schichtstufe der Frankenalb hin angefertigt hat. Auch hier ist die Präzision bemerkenswert, mit der er die wesentlichen strukturellen Elemente dieses Landschaftsausschnitts erfasst hat (Abb. 7). Aber darin ist nichts zu entdecken, was sein Gemüt oder den Verstand in irgendeiner Weise hätte beunruhigen können.

5. Leonardo – der Begründer der Stratigrafie?

Leonardo, der etwas ältere Zeitgenosse Dürers, hat im Gegensatz zu diesem eine gewaltige Menge an Skizzen hinterlassen, während perfekt fertig gestellte Gemälde eher eine Rarität sind. Diese andere Gewichtung seines Werks ist sicher in hohem

Maß den Lebens- und Arbeitsumständen geschuldet, die sich von der schwerpunktmäßig atelier-zentrierten Tätigkeit Dürers deutlich unterscheiden. Im Gegensatz zu Dürer ist Leonardo auch vielen Aufgaben nachgegangen, die mit der Malerei nichts zu tun hatten. Einen Teil dieser Tätigkeiten würde man heute sogar als „ingenieurgeologisch“ bezeichnen (Ferretti et al. 2020: „Hydraulic engineer“). Dabei ging es unter anderem um die Schiffbarmachung des Arno, die umfangreiche Eingriffe in dessen natürlichen Lauf erfordert hätten und letztlich als undurchführbar zum Erliegen kamen. Weitere Projekte betrafen Studien zu einem Kanal, der den Comer See mit Mailand verbinden sollte, sowie Arbeiten an weiteren Kanälen unterhalb der Stadt.

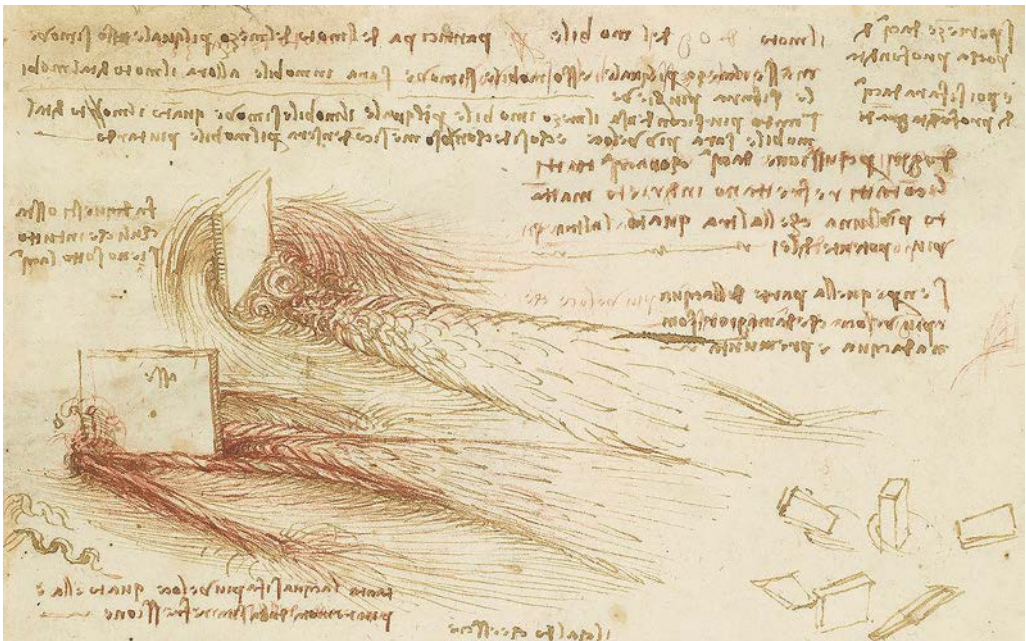


Abb. 8: Eine der Wasserstudien Leonardos – aus Zöllner 2007, Abb. 446: „Blatt mit Studien von Wasser, das an Hindernissen vorbeifliesst“ (um 1508-1510, hier ein Ausschnitt). Original in der Royal Library, Windsor Castle.

Diese Tätigkeiten haben Leonardo in engen Kontakt mit der Natur auch in der weiteren städtischen Umgebung gebracht. Er ist dem Lauf der Flüsse gefolgt, hat dabei ihr Fließverhalten beobachtet (Abb. 8), Prall- und Gleithänge zu unterscheiden vermocht sowie treffend die Zurundung von Gerölen erschlossen. Zugleich wurde er an den Ufern mit Felsformationen konfrontiert, an denen vermutlich immer auch wieder frische Bruchflächen waren, die besonders gute Einblicke in den Aufbau des Gesteins sowie seinem eventuellen Fossilgehalt ermöglichten. Die Fossilien wiederum schienen den gegenwärtig im Meer lebenden Schalentieren so ähnlich zu sein, dass er sie folgerichtig als wesensgleich ansah. Zweifel an ihrer Identität oder der Verdacht, es könnte sich um „Naturspiele“ handeln, konnten so schon gar nicht aufkommen.

Leonardo wird in der Wissenschaftsgeschichtsschreibung der Geologie schon lan-

ge wegen seiner frühen Einsichten in geologische Prozesse zitiert. Ein relativ neuer Beitrag fragt mit bewusster Provokation, ob es nicht gar gerechtfertigt wäre, Leonardo als „Begründer der Stratigrafie“ anzusehen (Ferretti et al. 2020). Allerdings wurde Leonardo schon von Baucon (2010) als „Vater der Ichnologie“ ins Gespräch gebracht, nachdem er in einer Skizze das Muster eines heute als *Paleodictyon* bezeichneten Spurenfossils skizziert hatte. Wurmsspuren sind auch in der „Felsengrotten-Madonna“ (*Vergine delle rocce*) zu erkennen, die von Ferretti et al. (2020) vor allem wegen der ausgeprägt wiedergegebenen Schichtung zu Füßen der Madonna hervorgehoben wird (Abb. 9).

In einer Notiz erwähnt Leonardo solche Wurmsspuren, die er offenbar wiederholt wahrgenommen hat und als Argument dafür sieht, dass es sich bei den damit vergesellschafteten Muschelresten nicht um anorganische Bildungen (im Sinne einer Bildung durch eine *vis plastica* oder ein *lusus natu-*



Abb. 9: Leonardos „Maria in der Grotte“ (auch: „Felsgrottenmadonna“ bzw. „Vergine delle rocce“. 1483-1486, Louvre Paris. Das Gestein unter den Figuren zeigt plattige Schichtung. Die von Ferretti et al. als vermutliche Bioturbations- bzw. Wurmspur verortete Linie (Pfeile) ist nur bei Nahansicht oder starker Vergrößerung deutlich. Diese „Spur“ greift durch zwei Schichten hindurch und könnte somit auch eine mineralische Kluffüllung darstellen.

rae) handeln kann. Diese Spuren sieht er zu Recht als Zeugnisse von sich durch das Sediment bewegendes Organismen: [...die anorganische Theorie ist nicht wahr], weil die Bewegungs-Spuren dieses Tieres auf der Muschelschale erhalten geblieben sind, die es wie ein Holzwurm auf Holz verzehrt hat¹⁰.

¹⁰ „Ancora resta il vestigio del suo andamento sopra la scorza che lui già, a uso di tarlo sopra il legname, andò consumando [...]“ (Leicester Codex, folio 9v, zit. in Baucon 2010, p. 5, Übersetzung GH)

Zu Leonardos ausgeprägten Eigenschaften gehörte es auch, Beobachtungen in Zusammenhang zu setzen und möglichst folgerichtig zu Ende zu denken. Da er Muschellagen in verschiedenen Horizonten antraf, und diese nicht durchweg als angespült, sondern – zusammen mit den Wurm Spuren – als *in situ* eingebettet angesehen werden konnten, ergaben sich Konflikte mit dem in der Bibel tradierten Bild von der Sintflut: wie sollte ein einphasiges vierzigstägiges Ereignis solche Erscheinungen zustande bringen? Das war eine Irritation, die aus der Konfrontation von Beobachtung und der biblischen Erzählung notwendig entstehen musste.

Entsprechende Notizen hat Leonardo zu seiner Zeit aber nicht publiziert. Seine Wahrnehmungen sind deshalb wirkungsgeschichtlich kaum von Bedeutung. Deshalb kann Leonardo – natürlich! – nicht als Begründer einer Forschungstradition angesehen werden. Aber sein Fall zeigt uns, dass die Wahrnehmung erdgeschichtlich relevanter Zeugnisse zu dieser Zeit möglich war, und wie aus den damit verbundenen Irritationen (vor allem mit dem Weltbild der Bibel) weiterführende Fragestellungen entstehen können. Voraussetzung war aber – und das wird heute möglicherweise als selbstverständlich angenommen – Vertrauen in die eigene Beobachtung. Zweifellos gehörten die Maler jener Zeit zu denen, die in dieser Hinsicht besondere Souveränität entwickelt hatten.

Wir sehen bei Leonardo aber noch das Bedürfnis, in seinen Skizzen auch Bewegung zum Ausdruck zu bringen. Seine Aufenthalte in einer dynamischen Natur haben ihn offenbar angeregt, die Fließdynamik des Wassers auch grafisch zum Ausdruck zu bringen (Abb. 10). Die Darstellung von Bewegung wird in seinen späteren Jahren zu einer besonderen grafischen Herausforderung. Mindestens 13 Skizzen zeigen Wirbel-Szenarien, die bisher von der Mehrzahl der Interpre-



Abb. 10: Eine der Wirbel-Skizzen von Leonardo, aus ...Zöllner 2007, Abb. 459: „Eine Stadt im Zentrum des Sturm-wirbels“ (1508-1511). Original in der Royal Library, Windsor Castle.

ten als apokalyptische Sintflut-Phantasien interpretiert wurden – das ungeachtet der Skepsis, die Leonardo gegenüber diesem angeblichen Ereignis zeigte. Eine neuere und durchaus überzeugende Deutung sieht diese Grafiken jedoch als Versuche, die Bewegungsdynamik von Stürmen wiederzugeben (Welsch 2018). Ob Wind oder Wasser, in jedem Fall ist es der Versuch, die gewohnten Grenzen der Malerei auszudehnen und die wirkliche Welt nicht nur in ihrer räumlichen Perspektive, sondern auch in ihrer Bewegung zu erfassen¹¹.

6. Metaphysischer Wirrwarr

Zur Zeit Dürers und Leonardos können wir noch nicht davon sprechen, dass die Wahrnehmung geologischer Erscheinungen einer Forschungslogik gefolgt wäre. Eine solche Forschungslogik wäre erst gegeben, wenn eine Frage auf die andere folgt, ein Schritt

den Weg zum nächsten öffnet. Die Beobachtungen Dürers wie Leonardos wurden als Nebeneffekt im Zuge anderweitig ausgerichteter Tätigkeiten gewonnen – Voraussetzung war lediglich, dass diese Maler – in welchem anders geleiteten Zusammenhang – überhaupt hinaus in die Natur kamen.

Im Gegensatz dazu wurden in dieser Zeit in der Astronomie aber gezielt und systematisch Beobachtungen unternommen – und das in einer bereits in die Antike zurückreichenden Tradition. Um die Genauigkeit der Messungen zu verbessern, baute der Däne Tycho Brahe gegen Ende des 16. Jahrhunderts einen riesigen „Mauer-Quadranten“. Ohne Zugriff auf dessen Daten hätte Johannes Kepler wohl nicht die für seine „Gesetze“ notwendige Datengrundlage schaffen können. Und es gab eine Forschungslogik, die den Bedarf an solchen genaueren Daten begründete. Mit der Astronomie des Kopernikus, der in den in seinem Todesjahr (in Nürnberg) veröffentlichten *De revolutionibus orbium coelestium* (Über die Drehungen der Himmelskreise, 1543) ein alternatives, nun geozentrisches Modell unseres Sonnensystems vorgeschlagen hatte, gab es ein Motiv, Klarheit in einer so grundlegenden Frage zu gewinnen.

¹¹ Es gibt in der Geschichte der darstellenden Kunst auch schon früher Versuche, Bewegung zum Ausdruck zu bringen. Das wird sogar in den derzeit ältesten bekannten Malereien in der Höhle von Chauvet (ca. 30.000 J.) so gesehen. Azéma M (2011) *La préhistoire du cinéma: Origines paléolithiques de la narration graphique et du cinématographie.* – Errance (mit DVD). Azéma M & Rivère f (2015) *Animation in Palaeolithic art: a pre-echo of cinema.* Antiquity 86: 316-324.

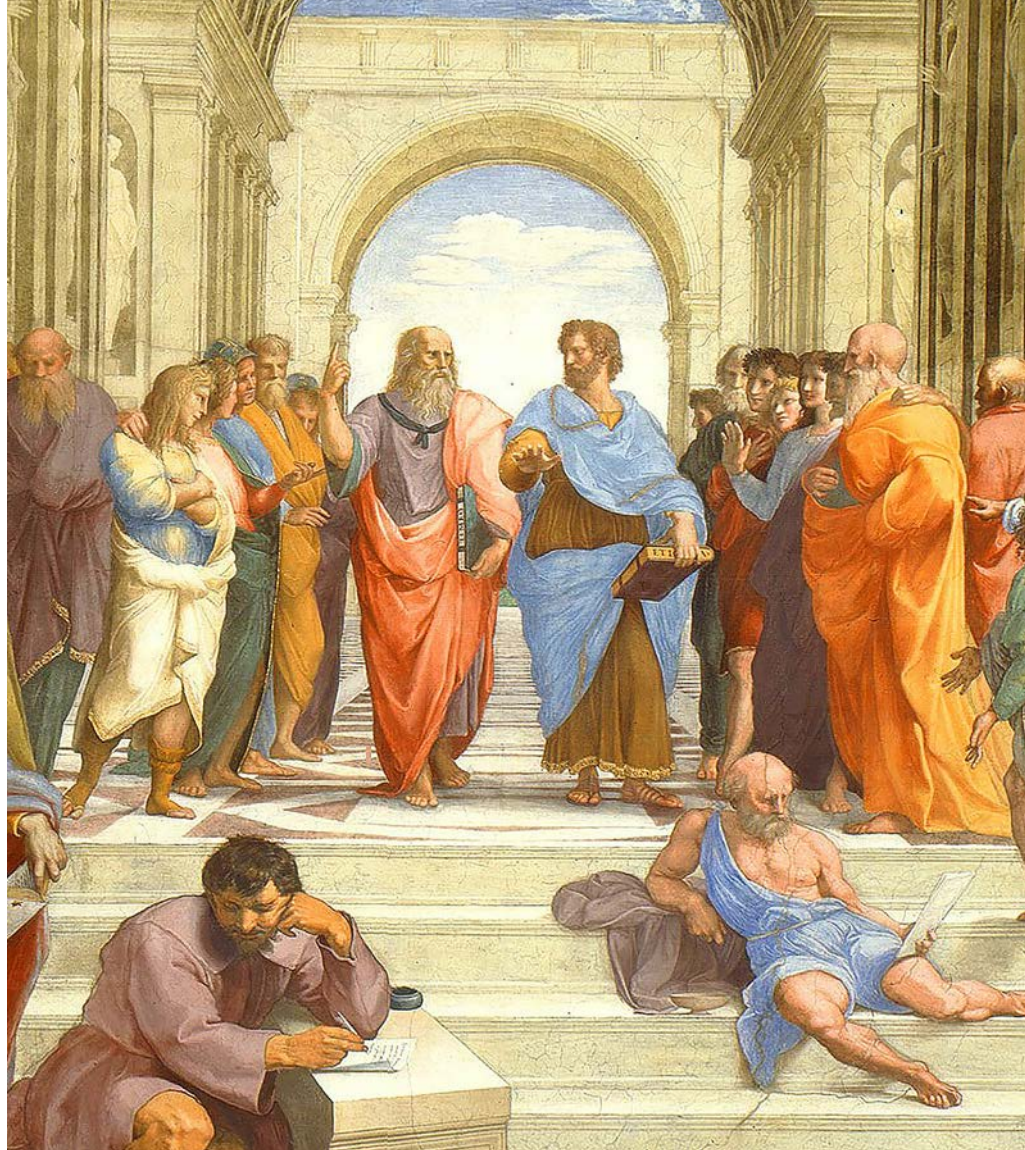


Abb. 11: Raffael, Die Schule von Athen 1510-1511 Stanza della Segnatura des Vatikans. Ausschnitt des zentralen Bildbereichs: Aristoteles (rechts) betont mit seiner Hand das sinnlich erfassbare „jetzt“, Platon deutet nach oben zum Reich der Ideen.

Die Verbesserung der Datenlage war aber nur das vordergründige Motiv der astronomischen Bemühungen. Was es zu beweisen galt, war vor allem die geometrische Struktur der Himmelsbewegungen, in der die Perfektion des Schöpfers zum Ausdruck kommen sollte. In diesem Sinn war die konkrete Erwartung, dass sich die Planeten auf idealen Kreisbahnen bewegen sollten. Diese Vorstellung von Perfektion war allerdings nicht in der Bibel zu finden, sondern in der Tradition

des auf Platon zurückgehenden Gedankenguts begründet. Da hierbei nicht nur auf die originalen Vorstellungen Platons, sondern auch auf die der ihm mehr oder weniger treu folgenden Interpreten Bezug genommen wurde, wird diese in die Neuzeit führende Tradition auch „Neoplatonismus“ genannt.

Die neoplatonische Philosophie vermochte sich in erstaunlich enger Weise mit dem Christentum zu arrangieren, ja sogar in tiefe-

rer Weise zu vermengen – auf Details dieser Entwicklung können wir hier nicht eingehen, dazu existiert umfangreiche Sekundärliteratur (siehe eine neuerere Zusammenfassung bei Oberheiden 2012). Die Rezeption ursprünglich nicht-christlicher philosophischer Traditionen war ein Kern der humanistischen Bildungskompetenz und wurde so von den gesellschaftlichen Eliten verbreitet wie auch in vieler Hinsicht getragen. Wir erkennen solches Gedankengut etwa an Argumentationsmustern, die Wirkungszusammenhänge auf die Analogie von Makrokosmos (Universum/Erde) und Mikrokosmos (Mensch) zurückführen. Solche Vorstellungen sind insbesondere in Deutungen geologischer Prozesse häufig zu finden. Der Wasserkreislauf, die Entstehung von Gesteinen, Metallen und Erzen, aber auch das Wachstum von „Figurensteinen“ finden wir nahezu durchweg mit solchen Ideen verknüpft.

Im Zusammenhang mit diesem neoplatonischen Gedankengut sind weitere Kräfte vorstellbar gewesen: die *vis plastica*, eine formende Kraft, die im Grunde hinter jedem Bildungsprozess postuliert werden konnte; oder das „Naturspiel“ – *lusus naturae* – das unterschiedlich fertig oder deutlich gewordene Objekte erklärte. Dazu kamen noch Elemente aus arabischen oder alten jüdischen Quellen, Kabbala, Zahlenmystik, Alchemie und Astrologie.

Raffaels Gemälde „Die Schule von Athen“ (1510-1511) visualisiert die Vielfalt philosophischer Rezeption in der Renaissance in populärer Weise (Abb. 11). Neben Platon sehen wir im Zentrum Aristoteles, dessen Schriften in jener Zeit ebenfalls umfänglich aufgenommen wurden. Um diese beide herum findet man, vereinzelt oder auch in Gruppen, Vertreter weiterer philosophischer Richtungen. Die Zeit Leonardos und Dürers war, bis weit in das 17. Jahrhundert hinein, von einer Vielfalt philosophischer Ansätze geprägt.

Wahrscheinlich gab es in der Geschichte der Menschheit niemals zuvor eine so konzentrierte Konfrontation mit dem nahezu ganzen Gedankengut ihrer eigenen Geschichte.

Während auf der einen Seite die Wahrnehmung der realen Außenwelt eine bis dahin unerreichte Stärkung erfuhr und in der Malerei ihren so spektakulären wie überzeugenden Ausdruck fand, musste das Denken versuchen, in einem Wirrwarr metaphysischer wie auch religiöser Konzepte Ordnung zu finden. Dürers „Melancholia“ bringt diese verfahrenere Situation, und dabei vor allem in ihrer Wirkung auf die Orientierungssuche des Menschen, treffend und mit einer Note tragischen Humors zum Ausdruck (Abb. 12).



Abb. 12: Dürers *Melancholia* 1514 – Kupferstichkabinett Staatliche Museen zu Berlin. Geometrische Körper und Zirkel verweisen auf neoplatonisches Gedankengut, die Tafel mit der Zahlenspielerei auf hermetische Vorstellungen. Im Hintergrund explodiert ein Meteorit, angelehnt an den Fall von Ensisheim 1492. Das ist aber nur ein Teil von den vielen Anspielungen, die Interpreten in diesem Bild zu sehen vermeinen, siehe Böhme & Dürer, A. (1997), Harris 2012, Rodrigues 2020 u.a.

Die neoplatonischen Einflüsse auf das christliche Denken berührten allerdings nicht die Vorstellungen vom Alter der Welt. Die Abfolge der „Weltalter“ in der *Schedelschen Weltchronik* sollte noch bis zum Ende des 17. Jahrhunderts die allgemein anerkannte Orientierung zur Geschichte der Menschheit und zugleich auch der Erde geben. Diese Geschichte hatte mit der Schöpfung der Welt nicht nur einen klar definierten Anfang, sondern mit der Apokalypse auch ein definiertes Ende. Das genaue Datum des Weltuntergangs war allerdings nicht bekannt – klar war nur, dass es nicht mehr lange dauern würde: Man lebte ja bereits im sechsten Weltalter – der größte Teil der Zeit war also schon vergangen¹².

Der Weg aus der Quellenvielfalt des Humanismus konnte schließlich nur durch die Hinwendung zu einer Philosophie gelingen, die die empirische Referenz, also die Bezugnahme auf Beobachtung und „Erfahrung“, als die wesentliche Instanz der Wissens- und Wissenschaftsentwicklung in den Mittelpunkt rückte. Das *Novum organon* (1620) des Francis Bacon sollte in dieser Hinsicht von nachhaltiger Bedeutung sein.

In Hinblick auf die Entwicklung der Geologie erwiesen sich die neoplatonischen Aspekte des naturphilosophischen Denkens als zwiespältig. Makrokosmos-Mikrokosmos-Analogien waren vor allem in der frühen Mineralogie verbreitet („Mineralogie“ ist hier im weitesten Sinne zu verstehen). In diesem

Zusammenhang hatte diese Vorstellung keine weiterführende Bedeutung. Das Interesse war zudem vor allem durch die bergmännisch-hüttentechnische Perspektive geprägt. Eine „interessensfreie“ Ordnung des anorganischen Reichs der Natur war nicht in Sicht und konnte erst ab der zweiten Hälfte des 18. Jahrhunderts mit Hilfe der sich dann entwickelnden modernen Chemie gelingen. Eine Systematik der Gesteine und Minerale scheiterte bis dahin an der im Grunde grenzenlose Erscheinungsvielfalt, die im Gegensatz zu Botanik und Zoologie einer einfachen Gliederung nach äußeren Merkmalen im Weg stand.

7. Mikrokosmos-Makrokosmos-Analogie: Die Erde als Gebälerin der Erze

Auch wenn diese gedankliche Linie eine Sackgasse auf dem Weg zu einer Geologie war, soll hier ein prägnantes Beispiel vorgestellt werden. Die Makrokosmos-Mikrokosmos-Analogie findet sich vor allem in zwei Zusammenhängen: einmal wird der Wasserkreislauf der Erde mit dem menschlichen Blutkreislauf verglichen, zum anderen wird die Entstehung von Erzen und Metallen im Inneren der Berge als eine Art organischer „Geburt“ gesehen.

Die beiden Fälle unterscheiden sich dadurch, dass der Wasserkreislauf in Hinblick auf seinen oberirdischen Ablauf weit mehr der Beobachtung zugänglich ist. Aufgrund dieser Erfahrungsreferenz können entsprechende Schilderungen auch als mehr oder weniger gut beobachtete exogene geologische Prozesse gelten und bei einem heutigen Leser auch den Eindruck von Modernität hervorrufen.

Dennoch bleibt diese Frage problematisch. So können wir bei Leonardo aufgrund seiner umfangreichen begleitenden Skizzen zwar davon ausgehen, dass er sehr Beobachtungen zur Fluss-Dynamik selbst gewonnen hat. Aber dennoch sieht man ihn auf die Makrokosmos-Mikrokosmos-Analogie zurückgrei-

¹² Die genaue Bestimmung des Weltalters war bis weit in das 17. Jahrhundert hinein eine beliebte wissenschaftliche Tätigkeit, der sich u.a. auch Isaac Newton widmete. Besonders bekannt ist die Kalkulation des Iren James Ussher (1581-1656), der im Jahr 1650 den 23. Oktober 4004 v. Chr. (julianischer Kalender) bzw. 21. September (heutiger gregorianischer Kalender) als Tag der Schöpfung bestimmte. Das Schema war im Grunde jedoch stets gleich: Erstes Weltalter (1): von der Erschaffung der Welt bis zur Sintflut – (2) bis zur Geburt Abrahams – (3) von Abraham bis David – (4) bis zum babylonischen Exil – (5) bis zur Geburt Christi – (6) bis zur Gegenwart bzw. zur Apokalypse.

fen: So versteht er die Erde als einen „Körper, nicht anders als der von Mensch und Tier“, und sie „unterliegt somit dem Prozess von Schöpfung und Verfall“. Oder „Wasser ist der Stoff, der Veränderungen auf der Erde bewirkt, in kurzfristiger wie langfristiger Hinsicht, wie das Blut im menschlichen Körper.“ Knochen und Blut entsprechen dabei Fels und Wasser. (zit. bei Ferretti 2020, dort wiederum aus Laurenza 2015, p. 257 bzw. Cioppi and Dominici 2018, p. 179).

Wenn wir später bei Agricola oder auch Kepler auf ähnliche Passagen treffen, nährt das den Verdacht, dass diese Beobachtung wie aber auch die Analogie eine Symbiose eingegangen und so eine Art Bild für die Mikrokosmos-Makrokosmos-Analogie an sich geworden sein könnte. Dabei ist auch zu bedenken, dass im 16. Jahrhundert die Sektion menschlicher Körper insbesondere an den norditalienischen Universitäten zu einem mitunter über die eigentlich Lehre hinausgehenden Spektakel wurde (Buck 1984, Cunningham 2016, Lestinec 2020). Leonardo hat selbst Sektionen vorgenommen, wobei diese Studien mehreren Zielen dienen: dem funktionalen Verständnis des menschlichen Körpers, darüber hinaus der Erfassung von Prinzipien, die für das Verständnis des Makrokosmos leitend sein könnten, wie aber auch der treffenden Wiedergabe in der Malerei (Keel 1964, Ginn et al 2008, Laurenza 2012). Während das Studium der Natur bei Dürer sich zwar auch auf die Darstellung von Tieren richtete und er sich umfangreich mit den Variationen menschlicher Proportionen befasste, drang Leonardo im wahrsten Sinne des Wortes tiefer in diese Materie ein.

Eine andere Frage ist, ob diese Analogie auch auf der Seite des Makrokosmos Weiterführendes gebracht hat. In jeden Fall scheint die Vorstellungen von Kreisläufen wie auch organischem Wachstum „Leben“ eine Art

Bewegung in die Natur gebracht zu haben. Um zu wachsen oder Veränderung hervorzurufen, brauchen diese Abläufe auch Zeit – damit hat man sich schon einen Schritt von dem Gedanken einer voraussetzungslosen Schöpfung entfernt. So ist zwar eine voraussetzungslose *creatio ex nihilo* im Ansatz natürlichen Prozessen gewichen, doch waren die Möglichkeiten, diese Prozesse auch verstehen zu können, vor allem in mineralogischer Perspektive verbaut. Da die „Wirkungskräfte“ – heute würde man sagen: die chemischen Gesetze – nicht bekannt, ja mit den damaligen Mitteln auch gar noch nicht erforschbar waren, tappte man in wesentlicher Hinsicht im Dunkeln. So blieb man im Rahmen der Mikrokosmos-Makrokosmos-Analogie gefangen. Das Denken Agricolas, der sicher zu den kundigsten Autoren jener Zeit gehörte, zeigt diesen zirkulären Käfig in exemplarischer Weise.

(1) Die „Kräfte“, die die Wirkungen in der Natur hervorbringen, sind noch immer die vier schon in der Antike bekannten „Elemente“ Wasser, Luft, Feuer, Erde und in ihrer konkreten Wirkung weitgehend unbestimmt:

Da eine solche Kraft des Wassers, der Luft und des Feuers in der Erde drin ihren Sitz hat, ist es kein Wunder, dass in ihr ganz verschiedene Werke der Natur hervorgebracht werden können. Denn es fehlt kein Element (Feuer, Erde, Wasser, Luft, GH) und es fehlt keine der Grundeigenschaften (Feuchte, Trockenheit, Wärme, Kälte). Deshalb hat sie den Stoff zur Verfügung, und ihr stehen die „bewirkenden Ursachen“, die Kräfte zu Gebote. Wir sehen aber, die Gefäße, in denen der Stoff aufgenommen und gebildet wird, sind die Kanäle und vor allem die, die durch die Felsen der Berge streichen.

(2) Unmittelbar anschließend führt Agricola die Mikrokosmos-Makrokosmos-Analogie in Hinblick auf den Wasserkreislauf aus:

Daß das Wasser die meisten Berge hervorbringt, liegt offen vor Augen. Denn die Gießbäche spülen zuerst die weiche Erde weg, dann reissen sie die härteren ab, darauf wälzen sie auch die Felsen ab. So höhlen sie in wenigen Jahre die Ebenheit der Felder oder irgendeinen Abhang zu einiger Tiefe aus, was in gebirgiger Gegend auch Laien bemerken können. Indem sie aber eben diese Hohlräume in vielen Menschenaltern zu erstaunlicher Tiefe aushöhlen, schaffen sie von beiden Seiten eine ungeheure Erhebung [...]. Aber weil wegen der **großen zeitlichen Entfernung der menschlichen Erinnerung** das Wissen darum versagt ist, wann, wo und wie diese zahlreichen gewaltigen Veränderungen der Landschaft begonnen haben, sieht es für die große Menge so aus, als vollzögen sie sich gar nicht, gerade wenn sie sich vollziehen (Agricola 1544 Buch III/1956: 125f.).

(3) Souverän ist im oben zitierten Fall die Bezugnahme auf das zeitliche Verhältnis menschlicher Wahrnehmung und der so andersartigen Dimension geologischer Prozesse. Die Analogie nimmt allerdings drastische Ausmaße an, wenn er die Bildung von Erzen im Inneren der Felsen mit der menschlichen Fortpflanzung vergleicht. Den zeitlich gestreckten Ablauf der Fortpflanzung, von der Befruchtung bis zur Geburt, stellt er argumentativ gegen eine offenbar weit verbreitete Ansicht, dass aus Quecksilber und Schwefel Erze entstehen sollen: Nirgends im Berg fänden sich Zeugnisse eines solchen Wachstums, von dem ja, wie bei einem Embryo, auch alle Entwicklungsstufen dokumentiert sein müssten. Hingegen würden sich Quecksilber und Schwefel an voneinander verschiedenen Orten aus Gängen bilden, die gleichsam als Fortsätze der „Kanäle“ oder „Gefäße“ (siehe oben) durch die „Kräfte“ (Wärme, Kälte, Feuchtigkeit, Trockenheit) diese Stoffe immer wieder hervorbringen können:

„Wenn sich aus den besagten zwei Stoffen die Erze bildeten, dann wäre es notwendig, dass sich an der Fundstätte jedes von ihnen zuerst einmal sie selber völlig unverändert vorfinden, dann etwas davon zu dem Erz, das aus ihnen wird, verändert und gewandelt, dann der größte Teil zu eben dem Erz geworden wäre. Denn die Natur steigt gewissermaßen in einer Reihe von Stufen zur Vollendung und Vollkommenheit ihrer Werke auf. Denn wenn sie im Mutterleib eine Frucht aus beiden Samen und Monatsblut bildet, zeigen verschiedene Zeitpunkte ihre Fortschritte an, mag sich wenige Tage nach der Empfängnis die Frucht, die noch kein Lebewesen ist, aus der Gebärmutter lösen oder nach dem Verlauf einiger Monate die Frau eine Fehlgeburt haben oder schließlich nach Vollendung von neun Monaten gebären.

Da sich das so verhält, wird uns niemand glauben, wenn wir behaupten, die Natur könne in einer Gebärmutter eine Frucht erzeugen, in der niemals Samen und Monatsblut gewesen sei. Aber die Chymisten behaupten, Schwefel und Quecksilber sei eben in den Lagerstätten vorhanden gewesen, bevor sie zu Erzen verwandelt wurden. Als ob derselbe Mann und dieselbe Frau auch dann, wenn sie dem Alter und den Kräften nach auf der Höhe stehen, ihre Körper nicht vereinigen können und der Mann den Samen in die Gebärmutter einspritzen, die Frau einmal ihn aufnehmen und behalten, dann dazu den eigenen Samen ergießen und das Monatsblut hinleiten – aber sie können es natürlich. Wie aber die es können, so kann ein Gang in der Erde, zumal wenn er noch nicht erschöpft ist, der Schwefel und Quecksilber einst erzeugt hat, ohne Zweifel jetzt es noch einmal, wenigstens an irgendeiner Stelle, erzeugen [...] Die natürliche Kraft der Erde geht sicherlich ganz selten so schnell zugrunde, wie der Mensch vom Alter aufgegraben wird (ebd. Buch V, 167 f.).“

Bei Agricola treffen wir auf ein charakteristisches humanistisch geprägtes Werk aus der Mitte des 16. Jahrhunderts, das in umfangreicher Weise die traditionelle Literatur diskutiert. Deren Aussagen werden zwar an eigenen Erfahrungen gemessen, doch hinter diesen steht die Mikrokosmos-Makrokosmos-Analogie. So nah der Bergbau den Gesteinen und Mineralen war, so fern war er andererseits den Fragestellungen, die später zur Entwicklung des Studiums des Krustenaufbaus oder der Erdgeschichte führten. Die Berge erschienen als eine fruchtbare wie immer wieder erneuerbare Brutstätte für Erze und Metalle. Das normale Gestein interessierte niemanden – so wurde bis weit in das 18. Jahrhundert der Aufbau der Erdkruste in struktureller wie stofflicher Hinsicht völlig ausgeblendet. Die theoretischen Fragen zur Entstehung der Minerale waren mit den zu Agricolas Zeit zur Verfügung stehenden Mitteln nicht zu klären. Das Wasser, das die Berge in „Adern“ oder „Kanälen“ durchfloss, war hingegen ein andauerndes, den Bergbau bedrohendes technisches Problem.

So entwickelte sich die Frage nach dem Aufbau der Erdkruste nicht von der Nahansicht und den Details zu den großen Zügen, sondern umgekehrt von der großen, planetologischen Perspektive zu den Details, also zur Erschließung des Aufbaus der Kruste in substantieller wie tektonischer Hinsicht.

8. Imaginäre Mondreisen und ein neuer Blick auf die Erde

Während die neoplatonischen Vorstellungen in Form der Makrokosmos-Mikrokosmos-Analogie einer Sackgasse glichen, führte der Glaube an die geometrische Perfektion des Planetensystems zu spektakulären Erfolgen. Dieser Glaube war nicht unbegründet, denn schon die auf wiederkehrenden Himmelserscheinungen gegründete Alltagserfahrung sprach im Grunde für ein solches Muster:

Der Kreis ist die Bewegungsbahn, die einer solchen Wiederkehr am perfektesten zu entsprechen schien.

Dabei waren die „Kräfte“, die die Dinge in ihrer räumlichen Ordnung organisierten und am Laufen hielten, lange nicht weniger dunkel und hypothetisch wie jene, die das Wachstum der Metalle oder die Wirkung von Planetenkonstellationen auf den Verlauf menschlicher Schicksale zu erklären versuchten. Kepler vermutete eine dem Magnetismus ähnliche Anziehung zwischen den Planeten. Als Newton schließlich die Gravitation einführte, mußte er sich von manchen Seiten den Vorwurf anhören, dass das ja auch nur wieder eine *qualitas occulta* war¹³. Tatsächlich ist die Gravitation bis heute im Grunde nicht erklärbar – aber Newton hat es vollbracht, diese Kraft als eine Funktion von Masse und Abstand der dadurch zusammengehaltenen Körper errechnen zu können. So sind die Physiker und Astronomen die wissenschaftlichen Zauberer der Moderne geworden, indem sie sich mit Hilfe der Mathematik in einer Welt idealer Formen und Zustände bewegen.

Johannes Kepler (1571-1630) war durch und durch von neoplatonischem Gedankengut erfüllt, er glaubte auch an die von den Planeten ausgehenden Kräfte der Sterne. Bekannt ist, dass er unter anderen für Wallenstein Horoskope erstellte. Aber er musste die für ihn sehr unerfreuliche Erfahrung machen, dass sich die seit der Antike tradierte und auch von Ptolemäus vertretene Vorstellung von der Kreisförmigkeit der Planetenbahnen nicht halten ließ. Dabei war es gar nicht mal der Umstand, dass Kopernikus die Son-

¹³ Insbesondere Leibniz und seine Anhänger entwickelten eine solche Polemik, siehe: Ducheyne, S. (2009). Understanding (in) Newton's argument for universal gravitation. *Journal for General Philosophy of Science*, 40, 227-258.

TABULA III. ORBIVM PLANETARVM DIMENSIONES, ET DISTANTIAS PER QVINQUE
REGVLARIA CORPORA GEOMETRICA EXHIBENS.

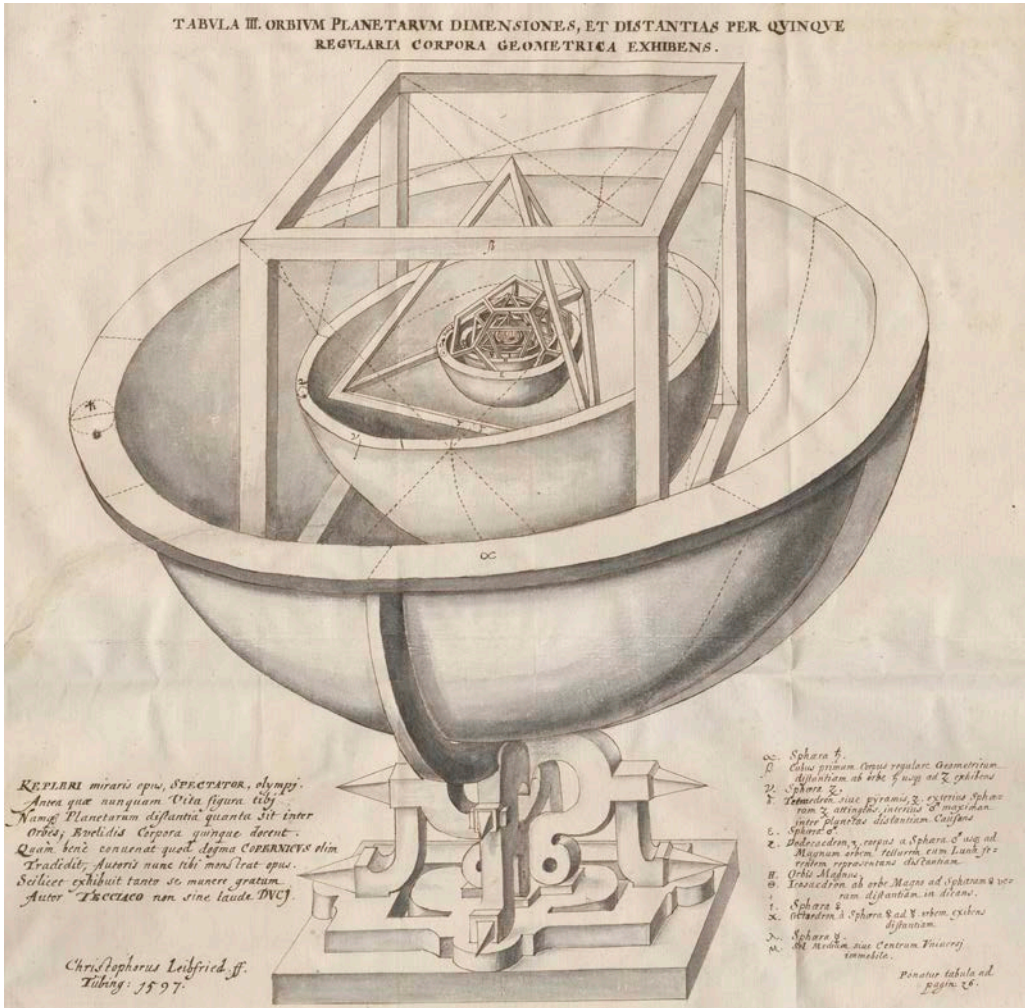


Abb. 13: Keplers Modell des Planetensystems in seinem *Mysterium cosmographicum* (1596) . Das Modell zeigt – die Sonne sitzt schon im Sinne des Kopernikus im Zentrum. Nach aussen folgen – ineinander geschachtelt – die idealen geometrischen platonischen Körper. Die Planeten laufen auf den Innen- oder Außenkreisen dieser Körper. Dieses Modell spiegelt die neoplatonischen Idealvorstellung Keplers wieder – die er dann aber zugunsten weniger idealen Ellipsenbahnen aufgeben musste.

ne in das Zentrum rückte, sondern die Abweichung der Umlaufbahnen von geometrischen Ideal, dass ihm Sorgen bereitete. Wenn sich diese am Ende nur als Ellipsen beschreiben ließen, war es aber immerhin ein Trost, dass es sich dabei immer noch so weit um reguläre Formen handelte, dass sie sich mit geometrischen Gesetzmäßigkeiten erfassen ließen: Die drei in der Folge als Kep-

lerische Gesetze bezeichneten Regeln fassen diese zusammen.

In seinem 1596 publizierten *Mysterium Cosmographicum* (Das Weltgeheimnis) findet sich noch sein Modell, in dem das Sonnensystem kreisförmige Umlaufbahnen aufweist, die sich wiederum als In- oder Umkreise der fünf ineinander geschachtelten platonischen

Körper¹⁴ beschreiben lassen (Abb. 13). Doch genauere Messungen, vor allen auch unter Rückgriff auf die schon von Tycho Brahe mit seinem Mauerquadranten gewonnenen Daten, zerstörten diese Illusion. Nach vielen Jahren des Messens und Kalkulierens gelang es Kepler aber schließlich doch, mit der Ellipse eine alternative reguläre geometrische Form zu finden.

Aber das ist nicht der eigentliche Punkt, um den es hier geht. Aus dem Blick in den Himmel entwickelte sich ein – imaginärer – Blick zurück auf die Erde. Konkreter Anlass war der geschärfte Blick auf den Mond, wie Galilei ihn erstmals mit seinem Teleskop fassen konnte und im Jahr 1610 in seinem *Sidereus Nuncius* (Der Sternenbote) mit mehreren Illustrationen dokumentierte. Der Mond, so die nun visuell deutlich gewordene Neuigkeit, ist keine ideale Kugel, sondern hat – wie die Erde – Hoch- und Tiefländer¹⁵. Die ungleichen Schattenwürfe, die Galilei wahrgenommen hatte, ließen keinen anderen Schluss zu:

„Bei dieser Vergrößerung kann nun jedermann mit der Sicherheit der sinnlichen Wahrnehmung erkennen, dass die Oberfläche des Mondes keineswegs ebenmässig und vollkommen glatt, sondern rauh und uneben ist und dass sie wie das Gesicht unserer Erde überall von gewaltigen Erhebungen, tiefen

Senkungen und Krümmungen bedeckt ist (deutsche Übers. Bartels 1992).“

Kepler hat mit Begeisterung reagiert: „Man schaffe Schiffe und Segel, die sich für die Himmelsluft eignen. Dann wird es auch Leute geben, die vor der öden Weite des Raumes nicht zurückschrecken“ (1634/2011, p 145). Allerdings hatte Kepler schon im Jahr vor Galileis Publikation von einer Reise zum Mond geträumt: Dort angekommen, findet er sich in einer bewegten Landschaft, die aber auch von den Bewohnern umbildet wurde: diesen ging es vor allem darum, vor den langen Sonnentagen Schutz zu finden. Dunkle und helle Bereiche der Mondoberfläche wurden von Kepler in Analogie zu Erscheinungen der Erdoberfläche als feuchtere oder trockenere Bereiche gedeutet. Diese „Traum“ genannte Phantasie vermehrt Kepler in den folgenden Jahren um zahlreiche Anmerkungen, die bald den Umfang seines eigentlichen Traums übertreffen. Beides wird zusammen nach Keplers Tod von seinem Sohn publiziert (1634).

Bei der Diskussion der Mondoberfläche fühlt Kepler sich an die Landschaften in den Alpen erinnert, wo sich das „Ennstal durch den Schöckel windet, oder wie das Inntal durch die Alpen, wenn jemand diese Täler aus dem hohen Äther bei sinkender Sonne betrachtet.“ (1634/2011, Anm. 208). Das gedankliche Hin- und Herwandern zwischen Mond und Erde inspiriert vergleichende morphologische Betrachtungen sowie Überlegungen zu den gestaltenden Prozessen: Keplers Blick scheint dabei von einem – imaginären? – in jedem Fall jedoch erhabenen Standpunkt auszugehen.

„Du fragst, wer jene Hügel errichtet hat, die verstreut in den Gefilden Böhmens liegen, wo die Landschaft gegen das benachbarte Erzgebirge hin in eine Enge übergeht. Wenn du von einem hohen Berg aus der Ferne eine

¹⁴ Als „platonische Körper“ werden Polyeder mit größtmöglicher Symmetrie bezeichnet: ihre Flächen sind regelmäßige Vielecke, jede Fläche eines dieser Körper hat gleich viel Ecken und stößt mit gleichen Winkeln aneinander: Tetraeder, Hexaeder, Oktaeder, Dodekaeder, Ikosaeder. Dieses Konzept geht auf Platon zurück.

¹⁵ Die Niederungen wurden von Autoren wie Hevelius 1647 und Riccioli 1651 schon bald als „Meere“ angesehen, siehe dazu erläuternd Vertesi 2007, Müller 2010). Vertesi, J. (2007). Picturing the moon: Hevelius's and Riccioli's visual debate. *Studies in History and Philosophy of Science Part A*, 38(2), 401-421. Müller, K. (2010). How to Craft Telescopic Observation in a Book: Hevelius's *Selenographia* (1647) and its Images. *Journal for the History of Astronomy*, 41(3), 355-379.

OBSERVAT. SIDEREAE

Etum daturam. Depressiores insuper in Luna cernuntur magna maculae, quam clariore plaga; in illa enim tam crescente, quam decrecente semper in lucis tenebrarumque confinio, prominente hinc inde circa ipsas magnas maculas contermini partis lucidioris; veluti in deferibendis figuris observauimus; neque depressiores tantummodo sunt dictarum macularum termini, sed aequabiliores, nec rugis, aut asperitatibus interrupti. Lucidior verò pars maximè propè maculas eminet; adeò vt, & ante quadraturam primam, & in ipsa fermè secunda circa maculam quandam, superiorem, borealem nempè Lunæ plagam occupantem valdè attollantur tam supra illam, quam infra ingentes quaedam eminentiae, veluti appositae praefereunt delineationes.

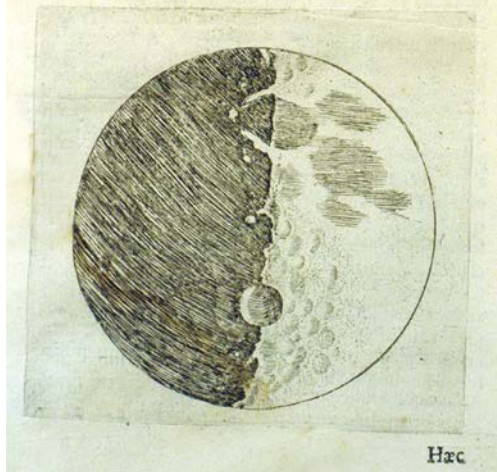


Abb. 14: Eine der Mondzeichnungen Galileis in seinem *Sidereus Nuncius* (1610).

Reihe von ihnen erblickst, würdest du vermuten, das sei das Werk von Riesen und so etwas wie Grabdenkmäler. Ich nenne dir den Urheber. Es ist der Fluss Elbe. Er nahm seinen Lauf am Fuß der Berge, drang allmählich tiefer und höhlt sein Bett aus. Es brauchte lange Zeit, in der häufige Regenfälle niedergingen und allmählich die fetten Schollen des ländlichen Bodens herauswuschen und das Erdreich in die Elbe spülten. Steine, einst unter der Erde, sind schließlich, da die Erde abgetragen wurde, Berge geworden. Durch ihre Härte haben sie überdauert, während sich die Schollen ringsum wegen ihrer Brüchigkeit auflösten.“ (1634/2011, p 83).

Diese Gedankenspiele erinnern an die schon bei Agricola dokumentierte Vorstellung von der Entstehung der Berge durch Erosion und den Verdacht, es könnte sich dabei um eine Anwendung der Makrokosmos-Mikrokosmos-Analogie handeln. Doch selbst wenn dieses Motiv hier mit einfließen sollte, so ist es doch ein Gedankenspiel, das deutlich von der planetologischen Perspektive herrührt: der Blick von oben, die weite Perspektive. Der Planet beginnt damit aber auch, historische Dimensionen anzunehmen.

Die imaginären Reisen zum Mond greifen in der Folge in einem Ausmaß um sich, dass wir ihn als kognitive Phase im Vorfeld der Entwicklung der Geologie nicht ignorieren können. Es handelt sich um lustvolle, die Phantasie anregende Gedankenspiele, an deren Ende schließlich auch die Frage auftaucht: wie würde die Erde – vom Mond aus betrachtet – aussehen, und welche Prozesse würden wir auf ihr am Wirken sehen? Die nächsten Autoren, die sich auf diesen Weg machten, waren der Bischof Francis Godwin (1562-1633), dann John Wilkins (erneut ein Bischof, 1614-1672, GB) und in Frankreich Cyrano de Bergerac (1619-1655). Wilkins räsonierte in den Ausgaben 1638 und 1640 über die Bewohnbarkeit des Planeten (*The Discovery of a New World, Or, A Discourse Tending to Prove, that 'tis Probable There May be Another Habitable World in the Moone*). Die *Les États et Empires de la Lune* des Cyrano de Bergerac (1619-1655) erschienen hingegen erst posthum im Jahr 1657 – vermutlich eine Strategie, den Zensurbehörden zu entgehen.

Auch wenn diese letztgenannten Mondreisen eher den philosophischen Spekulationen oder – wie im Falle Cyranos – der Satire auf irdische Verhältnisse dienten, so belegen diese Werke doch in jedem Fall, wie populär imaginäre Reisen zum Mond geworden waren. Auch wenn sie nicht, wie bei Kepler,

zu Vergleichen in Hinblick auf Oberflächenverhältnisse oder gar gestaltende Prozesse gekommen sind, haben sie den Blick auf die Erde verändert. Die in der Folge im Jahr 1680 erschienene *Heilige Theorie der Erde* ist eine der ersten „Erdgeschichten“ – und sie ist aus der imaginären Perspektive des Weltalls geschrieben.

8.1. Thomas Burnets Heilige Theorie der Erde

Die *Heilige Theorie der Erde* erschien zuerst 1680 in einer lateinischen Fassung (*Telluris Theoria Sacra*). Auf Wunsch des Königs hat Burnet dann jedoch eine englischsprachige Version erstellt (1684), die alsbald ihren Siegeszug auf dem Buchmarkt begann. Dabei wurden anfangs nur die beiden ersten Teile des Werks herausgegeben, die (I) die Erschaffung der Erde und das Paradies, und (II) die Sintflut zum Thema hatten. Der dritte und vierte Teil folgten erst, wiederum in Latein und in Englisch, in den Jahren 1689 bzw. 1690. Diese Teile handelten von dem durch Feuer verursachte Ende der Erde (III), und (IV) von der Entstehung einer neuen Erde. Ausgaben in anderen europäischen Sprachen folgten.

Thomas Burnet (1635-1715) hatte in Cambridge studiert und hatte in der Folge als Geistlicher verschiedene Positionen inne, wobei er auch am Hof des Königs aktiv war. Offenbar hat er lange keine naturwissenschaftlichen Interessen verfolgt, weder im naturhistorischen noch im naturphilosophischen Sinn. Nach Davies (1969, p. 68) wurde er eher als „Gelehrter der alten Schule“ gesehen, der „offensichtlich nichts von der Natur wusste, die seine Zeitgenossen durch Experimente und Geländestudien zu erhellen versuchten.“ Demnach war er der Meinung, dass die Geschichte der Erde alleine mit einer vom Verstand strukturierten Aufarbeitung der Heiligen Schriften und der Klassiker der Antike zu erreichen sei.

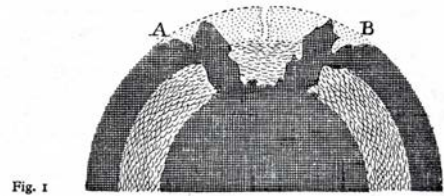


Fig. 1

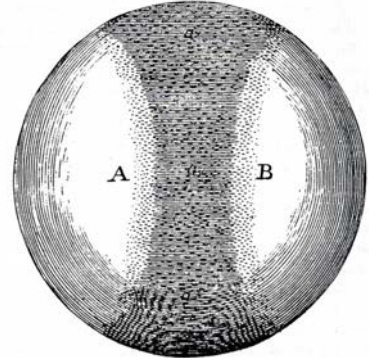


Fig. 2

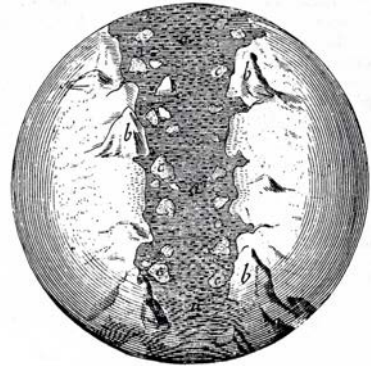


Fig. 3

Abb. 15: Der Einbruch der Erdkruste führt zur Trennung von Eurasien und Amerika – und zur Entstehung des dazwischen gelegenen Atlantiks (aus der *Sacred Theory of the Earth*, engl. Version).

Diese Einschätzung mag zutreffen, doch sie übergeht die Originalität seines Werks. Ein Aufbruch der Erdkruste führt zur Trennung in einen europäischen und eurasischen Kontinent (Abb. 15). Da dieser Aufbruch mit der Sintflut zusammenfällt, bleibt die Möglichkeit gewahrt, dass die Bewohner Amerikas wie auch die Eurasiens von Adam und Eva abstammen können. Nach dem Rückzug des Wassers in die Tiefen liegt die Erde in Ruinen. Der ruinöse Charakter zeigt sich besonders in den Gebirgen, wobei Burnet konkret die Alpen vor Augen hat, deren Überquerung er einige Jahre zuvor als eine intensive Erfah-

rung erlebt hat. Dieser naturgeschichtliche Teil ist in einen heilsgeschichtlichen Rahmen eingebettet, der mit der Erschaffung der Erde (als ideale Kugel) beginnt und mit der Apokalypse endet. Diese Geschichte wird im Frontspiz des Werks insgesamt als ein Kreislauf dargestellt.

Zu den literarisch wie emotional fesselndsten Abschnitten gehört seine Schilderung der Alpenlandschaft, die er als wüst und chaotisch beschreibt, wobei er aber zugleich auch seine Faszination gesteht, ja sie als intensive, nahezu außerirdische Erfahrung preist. Viele Kulturwissenschaftler sehen in diesem Werk eine Wende in der ästhetische Wahrnehmung von gebirgigen Naturlandschaften, die in der Folge bald zu einem neuen Reiseziel werden, weil sie ein bis dahin ungekanntes Gefühl von „Erhabenheit“ (engl. *sublime*) vermitteln¹⁶.

Die Darstellung von Burnets zirkulärer Geschichte der Erde im Frontspiz erfolgt aus planetologischer Perspektive. Die Erde wird, jeweils als Kugel, in ihren verschiedenen Entwicklungsstufen gezeigt (Abb. 16). Im Kapitel XII – Eine kurzer Rückblick über das bereits Behandelte, und in welcher Weise die verschiedenen Gesichter und Schemen, unter denen die Erde einem Fremden erscheinen würde, der sie zuerst aus der Distanz, und dann näher sehen würde ... (189) – wird der Leser dann schließlich auch von Burnet auf eine imaginäre Reise mitgenommen. Dabei nähert sich Burnet mit dem Leser – gleichsam wie in einem Raumschiff – der Erde und

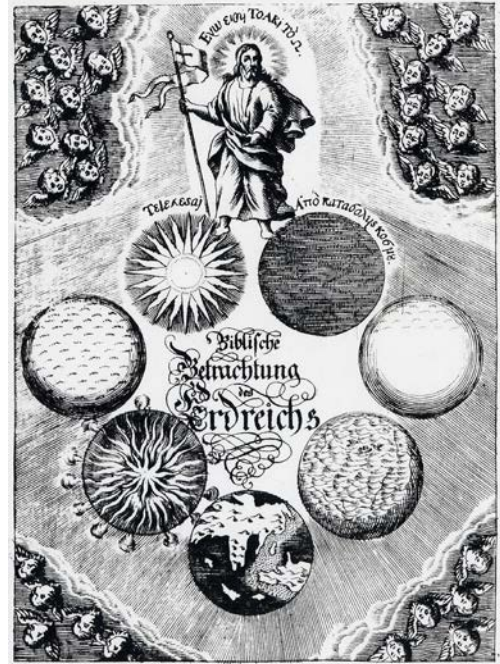


Abb. 16: Der Kreislauf der Erdkugel – im Frontspiz der *Heiligen Theorie*., Deutschsprachige Ausgabe übers. J.J. Zimmermann, Hamburg (Lieberrnickel) 1698.

beginnt dabei, nach und nach, die für diesen Planeten charakteristischen Oberflächen-Eigenschaften wahrzunehmen:

„Wenn ein Philosoph aus einer anderen Welt käme und neugierig wäre, unsere Erde zu sehen, würde seine erste Entdeckung oder Beobachtung eine aus Erde und Wasser (terraqueous) bestehende Kugel sein. [...] So unterscheiden wir auf dem Mond und den meisten Planeten, dass sie in Meer und Land unterteilt sind, und wie diese Unterteilung zustanden gekommen ist, würde eine erste Anmerkung und Fragestellung in Hinblick auf unsere Erde sein [...] (S. 190)

Die zweite Form, unter der die Erde erscheint, ist eine unebene und gebirgige Kugel [...] Von der Erde aus können wir Berge und Täler auf dem Mond nicht unmittelbar unterscheiden, aber die Bewegung von Licht

¹⁶ Die wohl umfassendste philosophiegeschichtliche Diskussion der *Heiligen Theorie* stammt von Gould, der darin eine vergleichende Betrachtung mit dem *Prodromus* (1669) von Nicolaus Steno vornimmt. Gould, S. J. (1987). *Time's arrow, time's cycle: Myth and metaphor in the discovery of geological time*. Harvard University Press. Zur Bedeutung des Werks für die Veränderung der ästhetischen Wahrnehmung der Gebirge und das Gefühl der Erhabenheit bzw. *sublime*: Shaw, P. (2017). *The sublime*. Routledge.

und Schatten, können wir rasch auf solche Unebenheiten schließen [...] (S. 190)

Die dritte sichtbare Form unserer Erde ist die einer zerbrochenen Kugel. [...] Ich will nicht behaupten, dass er schon auf den ersten Blick zum Ausdruck bringen würde, dass die Oberfläche dieser Kugel zerbrochen ist, sofern er nicht durch Vergleich mit irgendeinem anderen Planeten kennen würde; aber die zerbrochenen Formen und Gestalten vieler Gesteinsstücke, die Stellung, in der sie sich befinden, oder große Bereiche von ihnen, manchen geneigt, manche darniederliegend, manche aufgerichtet, würde ihn natürlicherweise zu dem Gedanken führen, dass sie eine Ruine sind (S. 191 – alle Zitate aus der deutschsprachigen Ausgabe von Zimmermann 1693)¹⁷

Die *Heilige Theorie* des Thomas Burnet war ein effektvoller Abschluss des Jahrhunderts der imaginären Mondreisen. Es richtete den Fokus auf die Entstehung der Kontinente und Ozeane, wobei er zugleich eine seit der Entdeckung Amerikas bestehende Irritation auszuräumen versucht: die dortigen Ureinwohner könnten nach seinem Modell doch Nachkommen Adams sein.

Nach ihr folgen in kurzen Abständen weitere Werke, die Erdgeschichte und Schöpfungsgeschichte zu harmonisieren versuchen, wobei sie ebenfalls aus der planetologischen Perspektive heraus argumentieren.

8.2. Weitere „Theorien der Erde“ – und ihr Ende

Die *Natural History* (1695) von John Woodward macht die von Burnet vernachlässigte Einbettung der Fossilien in das Gestein zu seinem Hauptthema. Die Wirkung der biblischen Sintflut wird nun um diesen Aspekt erweitert. Dieses Werk trug maßgeblich dazu bei, dass die Akzeptanz von Fossilien im Gestein weite Verbreitung gewann. Diese Sicht-

weise erfuhr, zusammen mit der Sinflut-Hypothese, durch die Arbeiten des Schweizer Arztes Johann Jacob Scheuchzer (1672-1733) weitere nachhaltige Verbreitung. Dieser veröffentlichte gar den Fund eines angeblichen menschlichen Skelett-Teils, dass als „Beingerüst“ eines bei der Sintflut umgekommenen „Sünders“ angesehen wurde. Dabei handelte es sich allerdings um das Skelett eines Riesensalamanders, das in den tertiärzeitlichen Sedimenten eines Maarkrater-Sees bei Öhningen am Bodensee gefunden wurde¹⁷.

Ein weiteres Werk Scheuchzers war die später auch „Kupferbibel“ genannte *Physica Sacra*, einem der größten Publikationsprojekte in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Das auf 4 Bände angelegte Werk (Augsburg 1731-1735) enthält 762 Kupfertafeln größter handwerklicher und auch künstlerischer Qualität. Pflanzen und Tiere, versteinert oder nicht versteinert, Szenen aus der Astronomie und der biblischen Geschichte sind in einer der umfassendsten Bildergeschichten überhaupt vereint. Zugleich ist es auch einer der letzten groß angelegten Versuche, Bibel und Naturgeschichte im Einklang zu zeigen. Dieser Einklang wird schon in der nächsten Generation auseinander brechen. Auch die Arche Noah scheint – so wie sie in der *Physica Sacra* dargestellt wird – an der Grenze ihres Fassungsvermögens angelangt zu sein. Um die im Laufe der Zeit immens gestiegene Anzahl bekannter Arten noch aufnehmen zu können, hat sie die Dimension eines heutigen Kreuzfahrtschiffs angenommen.

Die *Physica Sacra* ist auch ein Beleg für das große Interesse an diesem Thema. Um ein

¹⁷ Die Flugblatt-artige Publikation mit dem Titel *Homo diluvii testis* („Der/Ein Mensch als Zeuge der Sintflut“, Scheuchzer 1726) sorgte für erhebliches Aufsehen. Erst Jahrzehnte später wurden die Knochenteile des *Andrias Scheuchzeri* – des „Menschen“ von Scheuchzer – von dem Anatomen Georges Cuvier als Riesensalamander-Skelett bestimmt.

solches Projekt wirtschaftlich ausführen zu können, bedarf es einer umfangreichen Kundschaft, die sich ein solches Werk auch leisten kann. Das war zu jener Zeit offenbar der Fall. Werke über Fossilien waren im 18. Jahrhundert ein Verkaufsschlager. Ungeachtet dieses öffentlichen Interesses wurde Scheuchzer die Herausgabe des Werks in der Schweiz verwehrt – er musste nach Augsburg ausweichen. Die Lager waren in jener Zeit dreigeteilt: (1) konservative Gläubige, die eine Naturalisierung der Bibel ablehnten – (2) die physikotheologischen Ansätze, die wie Burnet, Woodward und Scheuchzer die naturgeschichtliche Erweiterung der Bibel auch als eine Stärkung der christlichen Perspektive empfanden – und (3) ein Lager von Skeptikern, die diese Harmonisierungs-Versuche nicht zuletzt deshalb ablehnten, weil sie entweder zu viel Widersprüche sahen oder den Gedanken einer Vereinigung beider Wege als unmöglich oder sinnlos ansahen.

Das galt auch für die *New Theory of the Earth* (1696) des William Whiston. Dieser versucht, die Sintflut wie die bald zu erwartende Apokalypse durch den erdnahen Vorbeiflug eines Kometen zu erklären. Dieses Werk erregte ebenfalls viel Aufsehen, griff es doch auf neueste wissenschaftliche Arbeiten über die periodische Wiederkehr von Kometen zurück¹⁸. Diese Ansatz lag weit im astronomischen Metier, doch es ging ja noch nicht

darum, „Geologie“ zu betreiben, sondern – wie auch immer – die Naturgeschichte mit der Bibel zu harmonisieren. Seine später geäußerte Prophezeiung, dass ein am 16. Oktober 1736 der Erde nahekommender Komet ihren Untergang verursachen würde, verursachte erhebliche Aufregung. Doch selbst der Erzbischof von Canterbury wandte sich öffentlich gegen diese Prognose und versuchte, die Menschen zu beruhigen.

Nicht zuletzt solche Episoden führten gegen Mitte des 18. Jahrhunderts dazu, dass derartige „Theorien der Erde“ als wissenschaftlich nicht weiterführende Hirngespinnste angesehen wurden.

Er wurde deutlich, dass die Geschichte der Erde solange Phantasie bleiben muss, solange sie – wie in den Werken von Burnet, Woodward, Scheuchzer und Whiston – auf keine solide empirische Referenz gegründet wird. In einem nahezu radikal erscheinenden Schritt wurde die Erforschung der Entwicklungsgeschichte der Erde, und mit die der Natur insgesamt, von der Bibel abgekoppelt. Nun galt allein das „Buch der Natur“, und man begann, in den die Kruste aufbauenden Gesteinsformationen zu lesen. Das war aber nur möglich, wenn Gelehrte den „Platz hinter dem Ofen“ verließen und begannen, Studien im Gelände zu unternehmen. Damit war der Weg zu der Art von Geologie geebnet, wie wir sie heute verstehen – der Geologe, der

¹⁸ Die Kometen-Hypothese gründet auf der Arbeit von Edmond Halley, der im Jahr 1705 die Umlaufbahn des – später nach ihm benannten – Kometen berechnete und dessen Wiederkehr um die Weihnachtszeit 1756 prognostizierte (was dann auch eintraf). Schon im Jahr 1694 hatte Halley in der Royal Society eine Hypothese vorgetragen, in der er die Möglichkeit großer Flutwellen bei einem nahen Kometen-Vorbeiflug aussprach und auch eine Beziehung mit der Sintflut für möglich hielt. Erst im Jahr 1724 weist er in den *Philosophical Transactions* auf diese damals **nicht** publizierten Vorträge und den Umstand hin, dass er diese Vorstellung schon vor der Veröffentlichung von Whistons *New Theory* (1696) entwickelt hat. Halley,

E. (1705) *A Synopsis of the Astronomy of Comets*. London 1705 (= engl. Übersetzung des im gleichen Jahr in den *Phil. Trans. der Roy. Soc.* publizierten lateinischen Aufsatzes: „*Astronomiae Cometicæ Synopsis*“). Halley, E. (1724) *Some Considerations about the Cause of the universal Deluge, laid before the Royal Society, at the 12th of December 1694.* – *Philosophical Transactions of the Roy. Soc.*, 383 (1724): 118-123. *Some further Thoughts upon the same Subject, delivered on the 19th of the same Month.* – Ebd.: 123-125. Zu Whiston: Farrell, Maureen (1981) *William Whiston*. New York: Arno Press. Force, James E. (2002) *William Whiston: Honest Newtonian*. Cambridge: Cambridge University Press.

mit dem „Verstand und mit dem Hammer“ durch das Gelände zieht, wird geboren¹⁹.

8.3. Weitere wichtige Beiträge im „Jahrhundert der Mondreisen“

8.3.1. Das Neue Werkzeug der Wissenschaften des Francis Bacon (1620)

Der Originaltitel des in Latein verfassten Werks lautet *Novum organum scientiarum*. Autor ist Francis Bacon (1561-1626), der in England auch eine bedeutende politische Rolle einnahm. Sein Werk ist eine gezielte wie fundamentale Kritik des Wissenschaftsstils, wie er in den von neuplatonischen wie aristotelischen Traditionen geprägten Verhältnissen so weite Verbreitung gefunden hatte.

Bacon versuchte, die Naturphilosophie konsequent auf eine zuverlässige Basis zu stellen. So betont er auf der einen Seite die Bedeutung von Beobachtung und Experiment, warnt aber auch zugleich vor den verbreiteten gedanklichen Fallstricken, die er *idola*, also „Bilder“ (im Sinne von Trugbilder) nennt. So unterscheidet er die Idole des Stammes (*Idola Tribus*), der Höhle (*Idola Specus*), des Marktes (*Idola Fori*) und des Theaters (*Idola Theatri*). Weniger blumig formuliert, handelt es sich bei den *Idola Tribus* um Einschränkungen und Irrtümer, die aus den Schwächen unserer biologischen Natur rühren. Die *Idola Specus* rühren dagegen von individuellen wie auch sozialen Prägungen. Die *Idola Fori* sind Missverständnissen sprachlicher und begrifflicher Art geschuldet, während

die *Idola Theatri* den prägenden Einfluss von Schulen und Traditionen markieren.

Diese erkenntniskritischen Kategorien sind im Grunde auch heute noch zu gebrauchen. Im England des 17. Jahrhunderts hat Bacons Philosophie nachhaltig zu einer Wende in der Sicht und auch der Zielsetzung von Wissenschaft beigetragen. Die später als **Empirismus** bezeichnete methodologische Ausrichtung begann nicht nur die britische zu prägen, sondern die ganze europäische Wissenschaft zu beeinflussen – wobei sich zugleich auch verschiedene national geprägte „Stile“ entwickelten.

Einige Jahrzehnte später – im Jahr 1660 – wurde die *Royal Society of London* gegründet. Das Motto dieser wissenschaftlichen Gesellschaft lautete *nullius in verba* (gib nichts auf Worte ...) und war in Sinne der Programmatik Bacons angelegt. Mit der Herausgabe der heute noch publizierten *Transactions of the Royal Society* gelang es zudem, eine auch international hoch angesehene Reihe einzurichten. Damit begann England in der zweiten Hälfte des 17. Jahrhunderts, im europäischen Wissenschaftsbetrieb eine Führungsrolle einzunehmen.

Die oben skizzieren großen „Theorien zur Erde“ (Burnet, Woodward, Whiston) waren allerdings noch nicht im Sinne von Bacons Wissenschaftsideal verfasst. So war die Kritik an ihnen nicht nur auf der Sachebene, sondern eben auch auf der methodologischen Ebene möglich. Das änderte allerdings wenig an ihrem Erfolg, der weit in das populäre Umfeld streute. Auch war die Fraktion der Gelehrten, die an eine mögliche Harmonisierung von Bibel und Naturgeschichte glaubten, in jener Zeit wahrscheinlich noch dominierend.

¹⁹ Die erste Darstellung eines Hammer tragenden Geologen stammt aus dem Jahr 1787 von dem Edinburgher Zeichner und Karikaturisten John Kay (1742-1826) und zeigt James Hutton vor einer Felswand mit Gesichtern (deren Profile sicher nicht willkürliche Erfindung Kays sind, sondern vermutlich Persönlichkeiten aus dem Umfeld Huttons zeigen sollen). Die Grafik ist in der britischen *National Portrait Gallery* und auch im Internet zu finden: <https://www.npg.org.uk/collections/search/portrait/mw74859/James-Hutton>

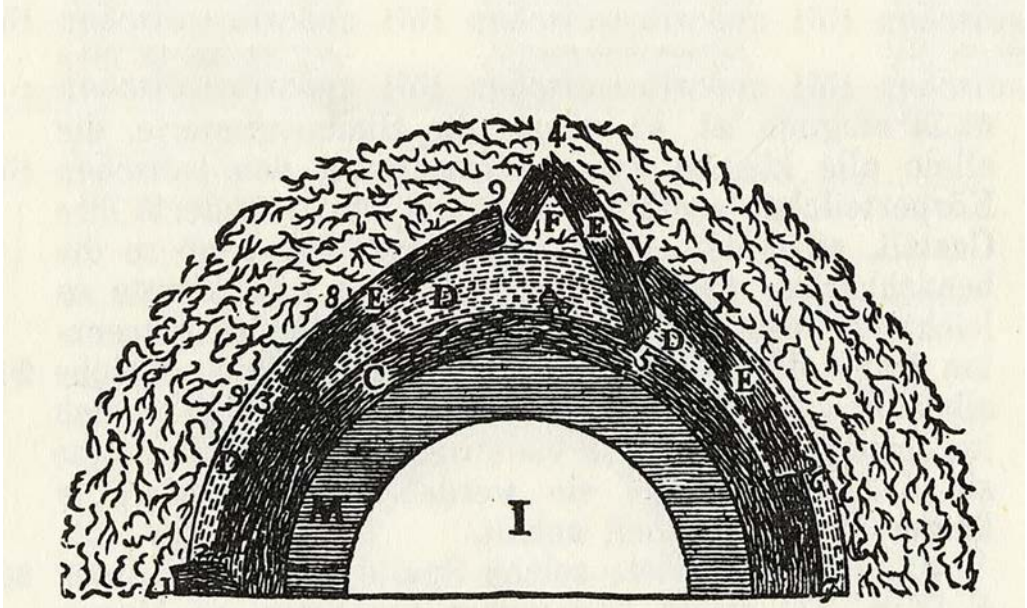


Abb. 17: Das Erdmodell des Descartes (*Principia philosophiae* 1644). Die „Wasser-Schicht“ D kommt durch den Einbruch und die Verstellungen der Erdkruste E an die Erdoberfläche. Ganz außen die flüchtigen Elemente der Atmosphäre..

8.3.2. Die Prinzipien der Philosophie des Descartes (1644)

Burnet verschwieg aus guten Gründen, dass seine Vorstellung vom Aufbruch der Erdkruste ganz wesentlich auf die „Prinzipien der Philosophie“ des Franzosen René Descartes gründete. Dieses als *Principia Philosophiae* 1644 in Amsterdam erschienene Werk war eine Revolution in der Philosophie, brach es doch radikal mit jeglichem religiösen Gedankengut. Der Autor versuchte damit, ein rein mechanisches Modell zur Entstehung des Sonnensystems wie auch der Erde zu entwickeln. Die Existenz Gottes wurde nicht ausdrücklich bestritten, doch sollte er nicht mehr in das materielle Geschehen der Welt eingreifen. Es ist der erste Versuch in der Neuzeit, die Entstehung der Welt durch die Selbstorganisation der Materie zu begründen.

Hinter dieser natürlichen Selbstorganisation steht als „Kraft“ eine Anfangsbewegung, aus deren wirbelartigen Verdichtungen sich die Planeten entwickeln. Da ist natürlich vieles Spekulation, vor allem in Hinblick auf das Wesen der Materie wie die Energie, die das Geschehen auf den Weg bringt. In sei-

nem Modell entsteht die Erde aus einem sich isolierenden „Unterwirbel“ innerhalb des großen, um die Sonne laufenden Materie-Wirbels. Die Materieteilchen unterscheiden sich in ihrer äußeren Form, was dazu führen kann, dass sie sich bei der Bildung der Planeten in unterschiedlichen Sphären konzentrieren und vereinen können.

So sammelt sich im Kern der Erde (I) die Materie des „ersten Elements“ – ähnlich dem der die Sonne aufbauenden Materie, nur „weniger rein“ (151). Anschließend lagert sich eine „zweite Region“ aus einer „dunklen, dichten und fest miteinander verbundenen“ Varietät des ersten Elements (M) an, und letztlich folgt die eher flüchtige „Himmelsmaterie“ (A).

Als die Dynamik des zur Erde führenden Wirbels nachließ, soll es demnach in der Zeit von „mehreren Jahren“ zu weiteren Differenzierungen wie auch Mischungen der Teilchen gekommen sein (Abb. 17). Eine harte Lage (E) bildet die „äußere Erde“ aus „Steinen, Ton, Sand und Schmutz“ [170]. Sie konnte sich dieser Härte wegen „wie ein Gewölbe“ über den flüssigen und leichteren Be-

reich (D) spannen, wobei dessen Entstehung auf eine Absonderung der besonders „rauh“ Teilchen aus (D) zurückgeführt werden kann. Die Lage (E) trocknet aber unter dem Einfluss der Sonne aus und wird brüchig [169], und schließlich stürzen Abschnitte davon hinunter in (D) bzw. legen sich direkt auf die Lage (C).

Descartes führt den Bau der Erde auf ihre nach spekulativen mechanischen Prinzipien modellierte planetologische Entstehung zurück. Der Einsturz einer die „äußere Erde“ bildenden Krustensphäre dient der Vorstellung, eine Erklärung für das Nebeneinander von Land und Meer zu schaffen und die – im Konsens mit der damals vorherrschenden Ansicht – angenommenen unterirdischen Wasserspeicher zu erklären.

Das Modell von Descartes kann durch den Krusten-Einsturz nicht nur die Anlage der Ozeane erklären, sondern auch die rasche Entstehung dieser Räume. So könnte ja auch durch einen späteren Einsturz eine Sintflut verständlich werden. Einen solchen Schluss legt der Autor aber nicht ausdrücklich vor. So scheint es tatsächlich Burnets eigene Idee gewesen sein, dieses Krustenmodell nicht schon zu Beginn der Erdgeschichte, sondern erst für die Sintflut zu „aktivieren“. In jedem Fall gilt es festzuhalten, dass dieses Modell zur Erdentstehung keine „erdgeschichtlichen“ Zeiträume braucht und im Rahmen der biblischen Chronologie unterzubringen ist.

8.3.3. Die *Micrographia* des Robert Hooke (1665)

Robert Hooke (1635-1703) war einer der vielen experimentierfreudigen Gelehrten im Umfeld der 1660 gegründeten *Royal Society of London*. Seine *Micrographia* (1665) ist nicht einem bestimmten Gegenstandsbereich gewidmet, sondern dient dazu, den Leser auf eine – durch entsprechende Abbildungen dokumentierte – spektakuläre visu-

elle Reise in eine nicht imaginäre, sondern tatsächlich mikroskopisch erschließbare Welt mitzunehmen. Vergrößerte Insekten wirken wie Monster aus einem Alptraum, versteinertes Holz offenbart seine Zellstruktur. Darüber hinaus versucht Hooke für Strukturen, die man so noch niemals zuvor gesehen hat, auch Erklärungen anzubieten. Analogien und Experimente werden angeführt, um diesen Erklärungen im Sinne der neuen Naturphilosophie auch eine empirische Grundlage zu geben.

Am Ende dieses Abenteuers nimmt er dann doch noch das Teleskop zur Hand. Auf den Mond gerichtet, fragt er nach der Entstehung der dort sichtbaren Krater (Abb. 18). So schreibt er in der *Observation LX* (Vom Mond) über die dort erkennbaren kreisförmigen Strukturen: „Gruben, die beinahe wie eine Schüssel geformt sind, manche größer, andere weniger, manche flacher, andere tiefer, sie scheinen eine hohle Halbkugel zu

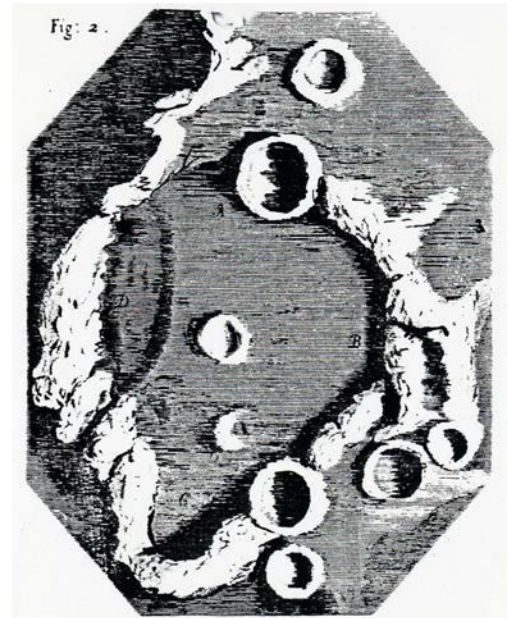


Abb. 18: Ausschnitt aus der von Hooke mit Teleskop beobachteten Mondoberfläche – aus Hooke's *Micrographia* 1665

bilden, umschlossen von einem runden, erhobenen Wall, als ob die Substanz in der Mitte heraus gegraben und nach allen Seiten geworfen wäre.“ [p 243]. Er interpretiert diese Formen als Zeugnisse von Ausbrüchen, wie sie von Dämpfen oder auch Vulkanen verursacht werden.

Um dieser Hypothese weiter nachzugehen, bewirft Hooke mit Wasser angerührten Pfeifentabaks-Ton mit Kugeln. Ähnliche Strukturen lassen sich jedoch auch in kochendem Alabaster (Gips) erzeugen, in dem aufsteigende Blasen „Erdbeben“ und „Vulkane“ erzeugen. Hooke tendiert mehr zu der im Alabaster-Experiment simulierten endogenen Variante der Kraterbildung, denn er kann sich nicht vorstellen, woher die für den ersten Ansatz notwendigen Einschlagskörper kommen könnten.

Hookes Spiel mit den Perspektiven, vom Mikroskop zum Teleskop, und dann hin zum Topf mit dem kochenden Gips, demonstriert aufs anschaulichste das Konzept dieser Zeit, die Welt unter allen möglichen Blickwinkeln zu befragen.

8.3.4. Die Vorträge über Erdbeben – Robert Hooke (1667-1705)

Für Hooke, der schon als Kind aus den Kreide-Gesteinen der Insel Wight Ammoniten sammelte, waren diese Versteinerungen vertraute Dinge. Auch den Unterschied zwischen im Meer lebenden Organismen und den im Gestein bewahrten Formen scheint er schon bald als eine Tatsache akzeptiert zu haben, für die er keine komplizierten „Ausreden“ ersinnen wollte. Anstatt die Ammoniten in unbekannte Meere der Gegenwart zu setzen, sieht er den Inhalt der Meere nicht als beständig an.

„Es könnten verschiedene Spezies von Dingen völlig zerstört und ausgelöscht worden sein, und verschiedene andere verändert

und variiert, da wir manche Arten von Tieren und Pflanzen ganz bestimmte Orten eigen finden, und sie woanders nicht gefunden werden. Wenn ein solcher Ort verschlungen wird ist es nicht unwahrscheinlich, dass diese Tiere mit ihm zerstört werden; und das mag in gleicher Weise für an der Luft wie im Wasser lebenden Tiere gelten [...] Und das, so stelle ich mir es vor, ist der Grund, warum wir heute versteinerten Schalen verschiedener Fische [? Meerestiere] finden, von denen wir in der Gegenwart nicht die gleichen haben.“ [p 327]

Und die Entstehung neuer Formen betreffend:

„Dass verschiedene neue Varietäten aus ein und derselben Spezies entstehen, und das aufgrund der Veränderung des Bodens, auf dem sie geschaffen wurden [...] und es kann nicht bezweifelt werden, dass solche Verschiebungen eine sehr große Veränderung in der Gestalt, wie auch anderen Merkmalen [*accidents*] eines belebten Körpers verursachen können.“

Diese philosophischen Spekulationen legten die Hand an all die wesentlichen Widersprüche, die aus dem Problem gegenwärtig unbekannter Lebensformen und der Vielfalt der Gesteine, in denen sie zu finden waren, resultierten. Die Veränderung der Lage von Land und Meer, Einbrüche und Hebungen der Erdkruste, Aussterben von Spezies in Folge solcher Umweltveränderungen – das waren Gedanken, die zu jener Zeit völlig vom „Mainstream“ losgelöst waren und die Position ihres Vertreters auch ernsthaft hätten gefährden können.

Diese Spekulationen unterstreichen die Methodik Hookes, Fragen von allen nur denkbaren Blickwinkeln zu beleuchten. Da war es nur konsequent, auch die *Idola Theatri* – oder in diesem Fall vielleicht treffender: die Bilder

der Kirchen-Autoritäten – abzuschütteln. Auch im nicht-katholischen England gab es in dieser Hinsicht Grenzen. In der heutigen Terminologie würde man diese Ansichten Hooques vielleicht als *outrageous hypothesis* bezeichnen, also als eine bewusst „verrückt“ formulierte wissenschaftliche Idee, auf die man im Ernstfall einer Auseinandersetzung keinen hartnäckigen „Wahrheits“-Anspruch legen würde.

Hooke hat diese Hypothesen bereits in den Jahren 1667-1668 in einer Vortragsreihe in der Royal Society angedacht. Seine *Lectures* wurden allerdings erst posthum (1705) publiziert, und es gibt keine überzeugenden Hinweise, dass seine kühnen Vorstellungen in nachhaltiger Weise die folgenden geologischen Diskussionen beeinflusst hätten²⁰.

8.3.5. Isaac Newton und die Biersuppe (1681)

Wir erinnern uns an Robert Hooke, wie er kochenden Gips als ein erkenntnisleitendes Experiment für die Entstehung der Oberflächenkonturen des Mondes herangenommen hat. Weniger gezielt als eher beiläufig scheint hingegen eine Beobachtung Newtons zu sein, in der er ein eingetrocknetes Gemenge von Bier und Milch als eine mögliche Analogie zur Entstehung der Berge auf der Erde präsentiert.

Newton geht nicht so weit, daß er die Erde in ihrem heutigen Aussehen unmittelbar von Gott – gleich einem Töpfer – geformt sieht.

Doch die natürlichen Prozesse, die er als Erklärung für die Strukturen an ihrer Oberfläche vorschlägt, sollen die Erdgestalt dann aber doch schon während des anfänglichen Schöpfungsereignisses in dessen biblischen Zeitrahmen erzeugt haben. Seine Suche nach möglichen Erklärungen stützen sich – wie auch bei Hooke – auf visuelle Muster, die in Verständnis suchender Weise vom Kochtopf in die planetologische Dimension übertragen werden:

„Während ich so schreibe, kommt mir eine andere Illustration zur oben vorgeschlagenen Erzeugung von Bergen in den Sinn. Milch ist eine einheitliche Flüssigkeit wie es das Chaos war. Wenn man Bier hinein gießt und diese Mischung bis zum Trocknen stehen lässt, wird die Oberfläche dieser geronnenen Substanz rau und gebirgig wie die Erde an jedem Ort erscheinen. Ich verzichte darauf, andere Ursachen für Berge zu beschreiben, wie etwa das Ausbrechen von Dämpfen aus dem Untergrund der Erde, bevor sie richtig fest geworden ist, oder das Absetzen und Schrumpfen der ganzen Erdkugel, nachdem die im oberen Bereich oder an der Oberfläche selbst hart zu werden begann; noch will ich fordern, ihr Alter nach Prov. 8.25. Job: 15.7 Psalm 90. zu betonen, sondern eher um Entschuldigung bitten für diesen ermüdenden Brief, wofür ich um so mehr Grund habe, weil ich nichts niedergebracht habe, was ich gut bedacht hätte oder verteidigen möchte.“²¹.

Diese in der privaten Korrespondenz mit Thomas Burnet formulierten Gedanken waren sicher nicht für die Veröffentlichung ge-

²⁰ Diese Frage wurde in der Geologiegeschichtsschreibung allerdings kontrovers diskutiert; Ranalli, G. (1982). Robert Hooke and the Huttonian theory. *The Journal of Geology*, 90(3), 319-325. Drake, E. T. (1983). Robert Hooke and the huttonian theory: a discussion. *The Journal of Geology*, 91(2), 231-232. Ranalli, G. (1983). Robert Hooke and the huttonian theory: a reply. *The Journal of Geology*, 91(2), 233-234. Montgomery, S. L. (2005) San Francisco, S. I. Book Review and Essay: The Geology and Physical Geography of Robert Hooke (1635-1703).

²¹ The Correspondence of Isaac Newton, ed. H.W. Turnbull, Cambridge 1959-1977. Bd. 11 (1960), S. 319-335. Newton an Burnet, Januar 1681. (Nr. 247). Der Briefwechsel zwischen Burnet und Newton erstreckt sich über mehrere Sendungen. Darin wird auch deutlich, dass Newton in Hinblick auf das Alter der Erde am biblischen Zeitrahmen festhält.

dacht. Aber sie zeigen anschaulich, wie weit einer der führenden Naturphilosophen jener Zeit von dem Konzept einer natürlichen Entwicklungsgeschichte der Erde entfernt war.

8.3.6. Das Fossilienproblem

Sind Fossilien gut – also etwa Muscheln noch mit Schalen – erhalten, ist der naheliegendste Schluss, sie auch als Relikte einst im Meer lebender Organismen anzusehen. Das war in vielen Gegenden Italiens der Fall. So haben wir bei Leonardo gesehen, dass er die fossilen Muscheln ohne Zögern mit den im Meer lebenden Formen in Verbindung brachte.

Ein solches Urteil ist daher auch bei Steno (1669) zu finden. Nachdem dessen *Prodromus* ins Englische übersetzt worden war (1771), gerät er allerdings sogleich mit den dortigen Naturgeschichtlern in Konflikt²². Martin Lister, einer ihrer führenden Vertreter, mag sich dem Urteil Stenos in Hinblick auf die organische Herkunft der versteinerten Muscheln nicht anschließen. Lister bezieht sich dabei auf seine eigene Funde, die er nicht nur auf Feldern aufgesammelt hat, sondern auch in Steinbrüchen. Keiner seiner Funde (quarry shells) habe dabei die Struktur rezenter Muschelschalen aufgewiesen, stattdessen fiel ihre steinerne Substanz stets mit dem jeweiligen Umgebungsgestein zusammen:

²² Stenos *Prodromus* (1669) erschien 1671 in England und wurde auch gleich in den *Philosophical Transactions* besprochen: The *Prodromus* of a Dissertation concerning a Solid Contained in a Solid by Nicolaus Steno and Moses Pitt. Review in: *Philosophical Transactions* (1665-1678), Vol. 6 (1671), pp. 2179-2190. Im gleichen Heft findet sich auch schon die kritische Entgegnung Listers: A Letter of Mr. Martin Lister, Written at York August 25 1671, Confirming the Observation in No 74. about Musk Sented Insects; Adding Some Notes upon D. Swammerdam's Book of Insects, and on That of M. Steno Concerning Petrify'd Shell Author(s): Martin Lister Source: *Philosophical Transactions* (1665-1678), Vol. 6 (1671), pp. 2281-2284

„[...] Eisenstein-Muscheln [*iron stone Cockles*] sind alle aus Eisenstein, Kalk- oder Marmor-Muscheln alle aus Kalkstein und Marmor; spätime oder kristalline alle spätime, usw. , und sie wurden auch niemals mit Teilen eines Tieres gefunden. Die Steinbrüche mit unterschiedlichen Gesteinen ergaben auch ziemlich unterschiedliche Sorten oder Spezies von Schalen, wobei sich nicht nur die einen von den anderen unterschieden [...], sondern – ich getraue mir das mutig zu sagen – auch von allen in der umgebenden Natur, sei es Land, Salz- oder Süßwasser [...]. Es trifft zu, dass ich in einem Steinbruch bei Wanford sehr ähnliche Formen zu [heutigen] *Murices*, *Telinae*, *Turbines*, *Cochlea* usw. gefunden habe, aber dennoch bin ich – nachdem ich ausdrücklich einige unserer englischen Küsten, aber auch Süßwasser und Felder, überprüft habe – nicht überzeugt, jemals außer in ihren jeweiligen Steinbrüchen irgendwo einer dieser Spezies begegnet zu sein, woraus ich schloss, dass sie *Lapides sui generis* und nicht Abguss einer tierische Form [*animal mold*] sind, deren Spezies oder Rasse heute am Leben ist.“ (Lister 1671, vgl. Anm. 22, übers. GH)

Dieses Argument, so fährt Lister fort, wird nicht so leicht bei jenen Personen greifen, die es nicht für wichtig halten, exakt und genau die verschiedenen Arten der Dinge der Natur zu unterscheiden, sondern damit zufrieden sind, sich mit „Gestalt, Ähnlichkeit, von der Art sein“ zu begnügen. Hier prallen naturgeschichtliche Kompetenz und philosophisches Denken in aller Wucht aufeinander. In der Retrospektive müssen wir erkennen, dass im Hinblick auf die Muschelfauna im Grunde wohl beide Recht hatten, aber von keiner der beiden Seiten bedacht wurde, dass sie auf Beobachtungen in jeweils unterschiedlichen erdgeschichtlichen Umgebungen gründen. Diese Konfrontation zeigt das Spektrum

der Widersprüche wie der verbleibenden Interpretationsmöglichkeiten auf. Gerade den schärfsten Beobachtern bleibt am Ende nur die Hypothese von den *Lapides sui generis*, wenn sie aus dem Meer keine lebenden ähnlichen Formen kennen. Oder sie müssten den offenbar als noch spekulativer erachteten Gedankenschritt zum „Aussterben“ gehen, was für einen an die Perfektion von Gottes Schöpfung glaubenden Menschen offenbar noch schwieriger vorstellbar war. Der Konflikt ist in dieser Form auch bei weiteren kompetenten Naturgeschichtlern wie John Ray (1627-1705) und Edward Lhwyd (1660-1709) zu finden.

John Ray hat während einer Rundreise durch Europa umfangreiche botanische und auch geologische Beobachtungen gesammelt. Dabei ist er 1663 sogar nach Altdorf gekommen, wo ihn der damalige Botanik-Professor Mauritius Hofmann bei der Fossiliensuche unterstützte. In seinem Reisebericht spielt Ray ebenfalls die möglichen Wege aus dem Konflikt durch. Würde es sich bei den Fossilien tatsächlich um einst lebende Organismen handeln, dann würde das bedeuten ...

„... dass die Berge nicht von Beginn an da waren; entweder ist die Welt um ein großes Stück älter als gedacht oder geglaubt, da ein unglaublicher Zeitraum benötigt wird, um solche Veränderungen wie den Aufstieg all der Berge mit den gemächlichen Vorgängen der Natur zuwege zu bringen, wie sie seit den ersten historischen Aufzeichnungen bei Veränderungen dieser Art benötigt wurden – oder dass in den anfänglichen Zeiten und noch bald danach die geschaffene Erde wesentlich mehr an Erschütterungen und Veränderungen ihrer Oberfläche erfuhr als danach“ (Ray 1738, p. 107).

Diese Situation war zweifellos schwierig,

aber am Ende konnte es nur einen Weg aus diesen multiplen Widersprüchen geben. Die zunehmende Aufmerksamkeit für Fossilfunde, die damit einhergehende wachsende Übersicht konnte zu keinem anderen Urteil führen, als das es sich um Reste von Lebensformen handeln musste. Wenn man nicht wieder zu einer *vis plastica* oder den *lusus naturae* zurück wollte, sondern den von der allgemeinen Wissenschaftsentwicklung eingeschlagenen empirischen Weg verfolgte, war es noch immer der Weg des geringsten Widerstandes. Es blieb ja auch noch eine Hintertür: zu weite Meeresräume waren noch unbekannt, so dass die Schlußfolgerung „Aussterben“ für Jahrzehnte umgangen werden konnte. Noch Immanuel Walch wird in seiner vierbändigen *Naturgeschichte der Versteinerungen* (1768-1773) von der Annahme ausgehen, dass die „Originale“ vieler Fossilien (auch der vielen Ammoniten) noch gefunden werden können.

So beruhigte sich die Diskussion um dieses Thema im 18. Jahrhundert mehr und mehr. Im Jahr 1708 erscheint die *Oryktographia Norica* des Altdorfer Professors Johann Jacob Baier (1677-1735), in der er Funde aus seiner umfangreichen Sammlung vorstellt. Für einen Sammler ist es kein Problem, in ihrer Herkunft unbestimmte Objekte zu horten, solange sie als „Kuriositäten“ präsentiert werden können. Dennoch lässt sich verfolgen, wie das „Naturspiel“ vom neuplatonischen *lusus naturae* zu einem reflektierten Spiel der Einbildungskraft geworden ist. Nach der Würzburger Lügenstein-Affäre (1726) kann die Diskussion um die Realität der Fossilien als weitgehend entschieden angesehen werden, und nach und nach wurde auch die Sintflut als erklärendes Modell durch die um sich greifenden geologischen Geländebeobachtungen obsolet: die lange Anwesenheit von Meeresräumen war um die Mitte des

18. Jahrhunderts nicht mehr in Zweifel zu ziehen²³.

Das Sammeln von Fossilien, ihre Präsentation in mitunter üppig illustrierten Tafelwerken, geriet so aber auch für einige Zeit aus dem für die Entwicklung der Geologie kritischen Diskurs. Der Weg zur Erkenntnis begann nun taddessen hinaus ins Gelände zu führen, wo die Ordnung der Gesteinsformationen den Bau und die Geschichte der Erdkruste zu offenbaren versprach.

8.3.7. Das erste geologische Profil – aus Amsterdam (1650)

Der Geograph Bernhard Varenius (1622-1650) beschrieb in der in seinem Todesjahr 1650 erschienenen *Geographia Generalis* unter der Überschrift „Verschiedene Arten von Körpern sind auf der Erdkugel zusammen vermischt“ das Profil eines Aushubs in Amsterdam (Kap. VII, Abschn. 7). Die Darstellung erfolgt weniger in der Absicht, anhand einer Sedimentationsfolge einen Ausschnitt aus der Erdgeschichte zu rekonstruieren, als die Vielfalt der Komposition der etwa 40 m aufgeschlossenen „Erdschichten“ zu illustrieren. Varenius hat der Schilderung dieses Profils auch keine weiteren Erläuterungen hinzugefügt – offenbar ist es ihm zu fällig vor Augen gekommen.

Es handelt sich um eine Abfolge aus Locker-sedimenten, in der Ton mit Kalk, und manchmal mit Salz etc.“ vermischt sind, unter „Gartenerde“ folgen „schwarze, brennbare Erde“, die auch „Torf“ genannt wird, dann „weicher Ton“, „Sand“, „gewöhnliche Erde“, dann wieder „Ton“ und „gewöhnliche Erde“. Weitere Lagen sind aus „Schlamm“, „sandigem Ton“, „Morast“, „Sand mit kleinen Meeresmuscheln“ und „Kies“. Das Werk war die seinerzeit modernste „Allgemeine Geographie“ und erlebte zahlreiche weitere Auflagen. Eine aktualisierte Ausgabe (1672) wurde unter Mitarbeit von Isaac Newton erstellt, englischsprachige Ausgaben folgten 1682, 1683 ... bis 1765. Das Amsterdamer Profil war so vielen Lesern dieses Standardwerks bekannt.

In der ab 1791 niedergeschriebenen *Protogäa* schließt Leibniz sein Werk sogar mit der Wiedergabe dieses Profils ab, ohne allerdings die Quelle zu nennen. Im Unterschied zum Autor fügt Leibniz jedoch eine erdgeschichtliche Interpretation an:

„Es ist wahrscheinlich, das vorzeiten daselbst der Seegrund gewesen, wo itzt die Muscheln sind, in einer Tiefe von mehr hundert Schuhen. Auf diesen Grund haben allerhand Verschwemmungen und Ruine so viel Lagen vom Thon und Sand geführt, da unterdessen mit der Zeit der Bodensatz der Erde darüber gewachsen. Nun wich das zurückgetriebene Meer auf eine Zeitlang, hat sich aber, gleichsam auf sein Recht erpicht, wieder über die Erde nach durchbrochenen Dämmen ergossen, und die Wälder niedergerissen, deren Reste man uns ausgräbt. So dient uns die Natur statt einer Geschichte. Unsere aufgezeichnete Geschichte hingegen vergilt diese Gnade der Natur wieder, damit ihre Werke, die wir noch wissen, den Nachkommen nicht unbekannt bleiben mögen [Schluss]²⁴.

²³ Beringer (1726) *Lithographiae Wirceburgensis*. In der Würzburger Lügenstein-Affäre wurden dem fürstbischöflichen Leibarzt Adam Beringer künstlich hergestellte „Fossilien“ zugespielt, die in ihrem Spektrum schon zu jener Zeit kaum mehr als natürliche Versteinerungen angesehen werden konnten. Obwohl noch während der Drucklegung des reichlich mit Bildtafeln ausgestatteten Werks der Täuschungsversuch öffentlich wurde, hat Beringer dennoch an der Publikation festgehalten. Beringer, J.B.A. [& Hueber, G.L.] (1726): *Lithographiae Wirceburgensis*. – Nachdruck 2005. – Beringeria Sonderheft 5 (I). Würzburg. Niebuhr, B. & Geyer, G. (2005): Beringers Lügensteine – 493 Corpora Delicti zwischen Dichtung und Wahrheit. – Beringeria Sonderheft 5 (II). Würzburg.

²⁴ Leibniz arbeitete ab 1691 an diesem Werk, dessen Grundriss schon im Jahr darauf ausgearbeitet

Das erste aufgezeichnete Profil war somit eine Lockersediment-Folge. Diese Abfolge fand nicht aufgrund einer durch Schichtfugen markierten Schichtung Aufmerksamkeit, sondern wegen des schon auf den ersten Blick erkennbaren Materialwechsels. Solche überblickbaren Lockersediment-Abfolgen scheinen anfangs eher Aufmerksamkeit gefunden zu haben als jene in den grundsätzlich weitaus mächtigeren oder gar unbegrenzt erscheinenden Festgesteinen. Dazu kommt, dass man eine brauchbare Terminologie für „normale“ Festgesteine erst im 18. Jahrhundert zu entwickeln begann. „Erden“ waren hingegen aufgrund ihrer sinnlich auffälligeren Unterschiede leichter und mit damals schon verfügbaren begrifflichen Mitteln zu differenzieren.

Solche Lockersedimente sind nur in dem Sinn „Erdgeschichte“, als sie junge bis gegenwärtige Prozesse oder Ereignisse dokumentieren. Da es sich grundsätzlich immer um die relativ jüngsten Sedimente eines Ortes handelt, ist es durchaus möglich, dass auch Reste oder Lagen menschlicher Artefakte oder auch Knochen von Tieren gefunden werden. Das konnten Reste von totem Vieh oder Zeugnisse von Wildtieren der Eiszeit sein. Solche Schichten wurden daher nicht vorneweg als Zeugnis einer erdgeschichtlichen Zeitdimension, son-

gewesen zu sein scheint (Sticker 1967). Der einleitende Diskurs wurde allerdings erst nach 1715 abgefaßt (Müller & Krönert 1969, S. 253). Ein erster Auszug des Werks erschien in den *Acta Eruditorum* des Jahres 1693; die vollständige Publikation erfolgte erst posthum 1749 (lat. Fassung und dt. Ausgabe im gleichen Jahr, beide hg. von C.L. Scheid). Leibniz Gv (1693) *Protogäa – Acta eruditorum anno MDCXCIII*, pp 40-42. Leibniz Gv (1749) *Protogäa oder Abhandlung von der ersten Gestalt der Erde und den Spuren der Historie in den Denkmalen der Natur*. Aus seinen Papieren herausgegeben von Christian Ludwig Scheid. Aus dem Lateinischen ins Deutsche u^{ber}setzt. Göttingen. Müller K, Krönert G (1969) *Leben und Werk von G.W. Leibniz*. Eine Chronik. Frankfurt/Main: Klostermann. Sticker (1967) „Leibniz' Beitrag zur Theorie der Erde“, *Sudhoffs Archiv*, 51 (1967), S. 244-259

dern als Repräsentanz einer frühen, noch nicht schriftlich dokumentierten historischen Phase gesehen.

In diesem Sinn war ein solches Profil für Leibniz nur eine von mehreren Quellen von „Geschichte“ – neben anderen „Dokumenten“, wie etwa die etymologische Interpretation von sprachlichen Begriffen oder Münzfunde. Erdgeschichte in unserem heutigen Sinn lag noch jenseits der Vorstellungswelt und war auf den kurzen Abschnitt undokumentierter Geschichte beschränkt, bevor die fragliche Region von (an anderer Stelle „geschaffenen“) Menschen besiedelt wurde. So konnten innerhalb des noch traditionellen (an der Bibel orientierten) Weltbildes drei Abschnitte unterschieden werden:

- (I) von Menschenhand schriftlich dokumentierte Geschichte
- (II) Natur- und Kulturgeschichte aus abgelaugerten Zeugnissen (Vorgeschichte)
- (III) Erdgeschichte: die „kurze“ Phase der Erdentstehung aus Wasser und Feuer

Das Amsterdamer Profil war im Abschnitt (II) angesiedelt. Ein Profil dieser Art wurde später auch von Johann Georg Eckhart (1676-1730) publiziert, der Leibniz als Sekretär bei der Bearbeitung der *Welfengeschichte* unterstützte und dann auch seine Nachfolge angetreten hat. Eckhart scheint eindeutig der philologisch-antiquarischen Arbeit zugeeignet gewesen zu sein, naturphilosophische Überlegungen sind nicht von ihm überliefert. Dennoch hat er – wie selbstverständlich – ein Lockersediment-Profil aufgenommen. Seine im Jahr 1719 publizierte *Beschreibung desjenigen, was bey der Grabung des Herrenhaeuser-Canals am Lein-Strome her Curioeses in der Erde gefunden* kann wie das Amsterdamer Profil im Abschnitt (II) des obigen

Schemas eingeordnet werden²⁵.

Die Überschneidung von „Schichten“ aus Alttertumskunde und Erdgeschichte im eigentlichen Sinn zeigt, wie nahe frühe Vorstellungen von Erdgeschichte und menschlicher Vorgeschichte in räumlicher wie gedanklicher Hinsicht lagen. Auch heute sind sich vorgeschichtliche und paläontologische Grabungspraktiken in vieler Hinsicht ähnlich. Dennoch sind Erdgeschichte und Stratigrafie (im geologischen Sinn) nicht aus einer Ausweitung solcher Lockersediment-Grabungen

²⁵ Eckhardt, JG (1719) Beschreibung desjenigen, was bey der Grabung des Herrenhaeuser-Canals am Lein-Strome her Curioeses in der Erde gefunden. – Neue Zeitungen von Gelehrten Sachen, Leipzig 25. März 1719, S. 185-192: „Nächst dabey war allerley verfallenes Gemäuer, und fand sich ein ordentlicher aber verbrannter Gips-Boden in der Erde, wobey gar viele Kohlen. Ich vermuthe, es sey das Schloß Limmer alda gestanden, wovon das gegenüber zur anderen Seite der Leine liegende Dorff Limmer den Nahmen hat. Denn weil Limmer so viel wie Lein-Moor oder terra paludosa Linae sagen will, so reimet sich dieser Nahme nicht auf das auf einer Höhe gelegene Dorff; wohl aber auf das in der Tieffe am Lein-Strome liegende Gemäuer des alten Schlosses. Es funden sich Resten von alten Kellern, und ein Hauffen Todten-Köpfe und Menschen-Gerippe in selbigen vergraben. An einem Orte fand man auch eine gantze Anzahl eiserner Spitzen von dergleichen Boltzen, die man mit Armbrüsten verschossen, und Lateinisch Quadrellos genannt. Und weil König Richard von Engelland die Manier mit Armbrüsten und sochen Boltzen zu schießen erst erfunden: so erscheint klar, daß diese Dinge erst im dreyzehenden oder folgenden Seculis geschmiedet seyn können. Das Schloß selbst muß im Feuer allhier aufgegangen seyn, wie solches der verbrannte Gipsboden und die Kohlen zeigen.“ Nach der Schilderung der zwei Fundkomplexe aus der obersten Schicht setzt Eckhart die Beschreibung des Profils fort. Unter der oberflächlichen Lage folgt demnach ein Horizont mit Baumresten und Flußmuscheln. Unter einer dazwischengeschalteten Tonlage folgt weiter eine Schicht mit Geröllen, die durch ihren Gehalt an Versteinerungen mariner Lebewesen gekennzeichnet ist. In der Rundung der Trümmer sieht Eckhart einen Hinweis auf einen längeren Aufenthalt in bewegtem Wasser, wo sie „herumgekieselt“ und schließlich von dem Feuerstein bildenden Material eingeschlossen worden sein müssen. Die Lebensformen der versteinerten Organismen findet er aber nicht in dem gegenwärtig angrenzenden Meer, so daß der Autor eine Heranschwemmung aus weiter entfernt gelegenen Küsten vermutet.

in den Bereich der festen Erdkruste hinein entstanden. Der Schritt zur einer Gliederung der Erdkruste wäre mit einem solchen kleinräumig angelegten Ansatz nicht zu schaffen gewesen.

Ein solches, die Dimension der Erdkruste als ganzes strukturierende Unternehmen setzte erst ein halbes Jahrhundert später ein. Dabei wurde nicht Schicht für Schicht vorgegangen, sondern gleich vorneweg eine großräumige Gliederung der Erdkruste versucht: so war der erste Schritt schon gleich die Unterteilung in primäre, sekundäre und tertiäre Formationen. Diese Schritt erfolgte nicht aus dem Bereich einer sich in die Tiefe der Zeit erweiternden Alttertumskunde oder Vorgeschichte, sondern durch inzwischen gesteinskundig gewordene Vertreter aus dem Umfeld des Bergbaus.

8.3.8. Das Schichtenprinzip bei Steno (1669) – trivial oder ein großer wissenschaftlicher Schritt?

In der Geschichtsschreibung der Geologie gilt der *Prodromus* (1669) des zu dieser Zeit in Italien lebenden Dänen Nicolaus Steno (1638-1686) als eine Art Urknall. Eine Vielzahl von Autoren sind der Ansicht, dass die moderne Wahrnehmung der Fossilien sowie das „Schichtenprinzip“ ganz wesentlich auf diese Arbeit zurückgehen soll. Die Frage ist jedoch, ob das Schichtenprinzip tatsächlich einer so umfänglichen Begründung bedurfte, wie Steno sie im *Prodromus* entwickelt.

Der *Prodromus* ist – wie es auch schon der Titel des Werks ankündigt – im Ansatz ein weit über diesen ersten „Vorläufer“ ausgreifender naturphilosophischer Versuch, die Entstehung von „Festem“ in anderem „Festem“ zu erklären. Der Grundsatz ist dabei: Alles „Feste“ geht aus dem „Flüssigen“ hervor. Das „Flüssige“ wiederum ist bei Steno schlechthin alles, was flüssig ist: Wasser,

Wasser mit gelösten oder/und schwebenden Stoffen, normal temperiert oder hydrothermal, aber auch organische Flüssigkeiten wie Blut, Urin und andere „Säfte“. Beim Übergang zum Festkörper bedarf es weiterer Ordnungsprinzipien: Schwere (bei Sedimenten), Magnetismus oder eine ähnliche Wirkung (Kristalle), oder auch noch nicht genauer bekannte Prinzipien (wie bei den von Organismen hervorgebrachten Hartteilen). Das „Feste“ umfasst wiederum verschiedene Arten von Festkörpern: feste Teile in Organismen, Mineralien und Fossilien, und schließlich auch geologische „Schichten“ (*strata*) [p 17].

Tatsächlich scheint Steno eher durch anatomische und kristallographische Studien, sowie seiner philosophischen Fragestellung über das „Feste im Festen“ zur Beschäftigung mit den Schichten gelangt zu sein. Deren Ablagerung wird auf suspendierten „pulverförmigen“ Stoff zurückgeführt²⁶. Im Folgenden skizziert er folgenden Verlauf der Erdgeschichte: schichtförmige Ablagerung, Aushöhlung und Einsturz wiederholen sich zweimal, wobei der zweite Zyklus engräumiger angelegt ist und dessen Sedimente sich von denen des ersten Zyklus durch Fossilführung unterscheiden sollen:

„Wir stellen somit sechs unterschiedliche

Ansichten der Toskana fest, zwei als sie überflutet war, zwei als sie eben und trocken war, und zwei als sie zerbrochen war; und so, wie ich diese Tatsache für die Toskana beweise, indem ich viele Orte darauf hin geprüft habe, so bekräftige ich das aufgrund von Beschreibungen verschiedener Orte durch verschiedene Autoren“ [p 69].

Seine zyklische Profilfolge ist ein aus seiner Sicht verallgemeinertes Schema der Erdgeschichte der Toskana, das er aber erdweit für gültig zu halten scheint. Diese Ansicht konnte jedoch keine zuverlässige empirische Grundlage gehabt haben. Die zwei Zyklen scheinen eher auf die gedachte Parallelisierung mit der Heiligen Schrift zurückzugehen, wobei der zweite dieser Zyklen durch die seitliche räumliche Begrenzung wie seine Fossilführung mit der Sintflut in Verbindung gebracht wird.

Steno macht weder konkrete Angaben zu einem lokalisierten Standardprofil, noch vermittelt er eine Beschreibung der Gesteine. Damit entzieht Steno sich der Überprüfung einer konkreten Beobachtungssituation und das Werk kann, zusammen mit seinem umfangreichen philosophischen Anspruch, kaum als das Ergebnis präziser naturgeschichtlicher Beobachtung angesehen werden. Wir erinnern hier an die Kritik Listers (Abschnitt 8.3.6.), der – im Hinblick auf die

²⁶ Steno *Prodromus* 1669, übers. K. Mieleitner, S. 60:
1. Zur Zeit der Entstehung einer Schicht befand sich unter dieser Schicht ein anderer Körper, der den pulverförmigen Stoff daran hinderte, noch tiefer zu sinken; infolgedessen befand sich zur Zeit der Bildung des untersten Teiles der Schicht darunter entweder ein anderer fester Körper oder auch eine Flüssigkeit, die jedoch ihrer Natur nach von der oberen verschieden und namentlich schwerer war als das feste Sediment, das von der oberen Flüssigkeit gebildet wurde. 2. Zu der Zeit, als eine der oberen Schichten entstand, hatte die unterste Schicht bereits feste Konsistenz erlangt. 3. Jede beliebige Schicht war zur Zeit ihrer Entstehung entweder auf den Seiten von einem anderen festen Körper umschlossen, oder sie umspannte die ganze Erdkugel. Daraus folgt, daß überall, wo man nackte Profile von Schichten findet, entweder nach einer Fortsetzung dieser Schichten gesucht werden muß

oder sich ein anderer fester Körper finden lassen muß, der die Materie der Schichten am Wegströmen hinderte. 4. Zur Zeit der Entstehung einer Schicht war die ganze darauf lagernde Materie flüssig, so daß bei der Bildung der untersten Schicht keine der oberen vorhanden war. Was die Gestalt anbelangt, so ist sicher, daß zur Zeit der Bildung einer Schicht ihre unteren und die seitlichen Oberflächen den Oberflächen des unten angrenzenden und der seitlich befindlichen Körper entsprachen, die obere Oberfläche aber dem Horizont möglichst parallel war, so daß mit Ausnahme der untersten alle Schichten zwischen zwei dem Horizont parallelen Ebenen lagern. Daraus folgt, daß zum Horizont senkrechte oder geneigte Schichten einmal zu ihm parallel gewesen sein müssen.

Fossilfrage – diesen Mangel an Beobachtungsschärfe hervorhebt. So dürfte das Werk insgesamt eher als ein Produkt spekulativer Naturphilosophie als das einer empirisch zuverlässigen Feldforschung wahrgenommen worden sein.

In der Reaktion auf den *Prodromus* ist auch nichts davon zu sehen, dass das „Schichtenprinzip“ als eine methodologische Neuerung oder als ein Weg zu neuen Erkenntnis-Sphären angesehen wurde. In den *Transactions* der Royal Society beziehen sich die Reaktionen lediglich auf die Behauptung von der Realität organischer Versteinerungen. Es gibt unseres Wissens keinen einzigen Fall, in dem geologische Schichten – als Festgesteinsabfolgen – in ausdrücklichem Bezug auf Stenos *Prodromus* aufgezeichnet wurden²⁷.

In diesem Zusammenhang können wir nochmals auf Leibniz zurückkommen. Dieser kannte Stenos Publikationen und traf im Herbst 1677 auch mehrfach mit ihm persönlich zusammen (Lærke 2018). Steno war zu jener Zeit bereits zum Katholizismus konvertiert und in Norddeutschland als Ti-

tularbischof eingesetzt. Ungeachtet des für Leibniz eher bedauerlichen Eindrucks, dass aus Steno ein „mäßiger Theologe“ geworden sei (Waschkies 1999, fn 66), soll er ab dem Herbst 1682 den Gedanken gefasst haben, dessen geologisches Konzept aufzugreifen und „selbst weiterzuführen“ (ebd., p. 198).

Leibniz hat in der Folge zwar mit den Arbeiten an seiner *Protogäa* begonnen und diese auch ausgeführt. Doch darin lässt sich eigentlich kaum etwas vom Konzept des Steno finden. Leibniz zitiert Steno diesen zwar mehrfach anerkennend, stellt aber dennoch seine „Produkte des Feuers“ neben die aus dem Wasser abgesetzten Sedimente und wird damit zu einem der wenigen Autoren, die im deutschen Sprachraum zumindest partiell einen plutonistischen Ansatz vertreten haben.

Eine auf Steno gründende Spur können wir weder bei Leibniz noch bei Eckhart erkennen. Auch bei anderen Autoren konnten wir keine Art von „wissenschaftliches Erbe“ oder gar eine Aufnahme des von Steno geknüpften Fadens entdecken. So können wir auf das Urteil Karl Zittels verweisen: „Für die Entwicklung der Geologie blieben leider die Schriften dieses scharfsinnigen Forschers ohne jegliche Bedeutung ...“ (1899, p. 35f.)

9. Diskussion

Eine Betrachtung zur Geologiegeschichte in der Phase vor der eigentlichen Konstituierung der Disziplin ist methodologisch nicht einfach, da weder klare Diskurse noch frühe Formen von Forschungsprogrammen zu fassen sind. Dazu lässt sich diese Vorgeschichte nicht in einer einzigen thematischen Linie fassen. Die Geschichte der Geologie zeigt sich als ein Gemenge aus verschiedenen Traditionen – das scheint die Entwicklung dieser Wissenschaft bis in die Gegenwart zu prägen.

In der Zeit vor der modernen Institutionalisierung der Wissenschaften wurde weniger nach

²⁷ Ein erstes Profil durch eine Festgesteins-Schichtenfolge wurde – in England von John Strachey (1725) publiziert. Sein Profil geht durch das Kohleabbaugebiet von Somerset, wobei der Autor auch Zugang zu den Minen hatte. Mit der Publikation verbindet der Autor die Hypothese, dass die Schichten aufgrund der Erdrotation durchweg nach SE geneigt sind. Dieses Profil ist eine Gemenge aus Beobachtung und spekulativer Naturphilosophie, zugleich eine bergbauliche Perspektive, bei der die Lagerung der Schichten eine wichtige Orientierung für den weiteren Fortgang des Abbaus war. Strachey's Profil wurde aber offenbar nicht als Anregung zu einem erdgeschichtlichen Forschungsprogramm aufgenommen. Eine solche Wirkung lässt sich erst in der Mitte des 18. Jahrhunderts feststellen – aber auch dann ging mit Lehmann (1756), Arduino (1760) und Füchsel (1761) die Initiative vom im Bergbau erfahrenen Autoren aus, nun aber mit dem klar erkennbaren Motiv, den Aufbau der Erdkruste zu erfassen. Strachey J (1725) An account of strata in coal mines – *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 33, S. 395-398.

Disziplinen als nach der praktizierten Methodik unterschieden: **(Natur-)Philosophie** oder **(Natur-)Geschichte**. Diese Unterscheidung wurde bereits in der Antike praktiziert, wobei sich die Philosophie seit jener Zeit als die „höhere“, anspruchsvollere Form von Wissenschaft artikuliert. Die Geologie ist ein Konstrukt aus beiden Linien (Laudan 1982), wobei manchmal die eine, manchmal die andere im Vordergrund stand, manchmal aber auch beide – allerdings zumeist mit Einschränkungen – in Ergänzung zusammenarbeiten.

Die Geschichte zeigt klar, dass das Denken der Renaissance zwar durch die Rezeption der alten philosophischen Schulen „historisch“ und auch historisierend begonnen hat, aber schon bald – und das vor allem mit der Entwicklung der Zentralperspektive – ein starkes philosophisches Gewicht bekommt. In dieser Phase verlagert sich der Blick aus den Büchern in die Außenwelt und damit auch in die Natur. Nun wird der Maler zum schöpferischen Philosophen, der in der Wahrnehmung wie Repräsentation der Welt neue Maßstäbe zu setzen beginnt. „Sehen“ ist so zu einem bewussten wie reflektierenden Vorgang geworden.

Diese neue Sicht auf die Welt wird jedoch von verschiedenen metaphysischen Konzepten begleitet. Hinter der greifbaren und sichtbaren Welt werden ideale Strukturen erwartet, die Geometrie als mathematisches Verfahren schwimmt mit Vorstellungen eines ideal konstruierten Universums. Zugleich werden mit der Mikrokosmos-Makrokosmos-Analogie Wirkungsbezüge zwischen Planetensystem und Erde wie auch zwischen der Erde und (vor allem) dem menschlichen Körper vermutet.

Das mythologische Denken im Rahmen der Mikrokosmos-Makrokosmos-Analogie war vor allem in der Tradition des frühen Berg- und Hüttenwesens verbreitet, konnte dort aber keine weiterführenden Impulse auslö-

sen. Auf die dabei wirksamen chemischen Faktoren hatte man in jener Zeit noch keinen hinreichenden empirischen Zugriff. In der Astronomie und Physik führte die Ausrichtung an geometrischen Idealen – ein Denkmuster in der Tradition der Philosophie Platons – jedoch zu spektakulären Ergebnissen. Diese Entwicklung wurde aber auch durch die Möglichkeit befördert, die Bewegungen am Himmel wie auch die Planeten visuell beobachten zu können. Das gilt selbst für Experimente zu den Fallgesetzen – zwar ist die Gravitation selbst nicht zu sehen, aber ihre Wirkungen sind um so eindrucksvoller aufzuzeigen.

Die Hinwendung zur Erforschung der Erde und ihrer Geschichte erfolgt über die Astronomie, die mit Hilfe des nun zur Verfügung stehenden Teleskops die irdischen Züge des Mondes entdeckt (Galilei 1610). Der Mond wird als eine Art „zweite Erde“ mit Kontinenten und Tiefländern wahrgenommen, dazu stimulieren die runden Kraterformen Hypothesen über die Entstehung seiner Oberfläche. Diese „planetologische Aufmerksamkeit“ wird nun aber auch – gleichsam als eine vom Mond ausgehende Rückwendung – der Erde zuteil. Es folgt geradezu eine Welle spekulativer „Theorien“ zur Entstehung der Erdoberfläche, die jedoch – abgesehen von dem naturphilosophischen Entwurf von Descartes (1644) und den Gedankenspielen Hookees – durchweg auch Versuche sind, der Bibel eine natürliche Erdgeschichte zur Seite zu stellen.

Die Sintflut-Erzählung bekommt in dieser Phase eine Erkenntnis erschließende Funktion. Sie ist das einzige Angebot der Bibel, das Aussicht auf naturgeschichtliche Anschauung anbietet. Mit der in der Renaissance (wieder) einsetzenden Hinwendung zur Natur als Erkenntnis-Referenz entsteht auch die Erwartung, dass eine Naturkatastrophe wie die Sintflut Spuren auf der Erde hinterlassen

haben muss. Das wurde kaum von jemanden bezweifelt, und man wurde auch schon gleich entsprechender Anhaltspunkte gewahr: die Reste von Schalentieren hoch über dem heutigen Meer, eingebettet in Schichtgesteinen, das ruinöse Erscheinungsbild von Felslandschaften.

Aber bald ergaben sich auch Irritationen: das wiederholte Vorkommen von Fossilhorizonten, die im Grunde unüberschaubare Mächtigkeit der Schichtgesteine, Hinweise auf *in situ* Lebenssituationen (Leonardo), und letztlich gar Funde noch unbekannter Meerestiere. Mit einem angeblich nur 40 Tage währenden Ereignis waren diese Erscheinungen kaum vereinbar, vor allem wenn man dazu nun auch Maß und Dauer natürlicher Prozesse zu bedenken begann.

Diese Irritationen ließen sich nicht beheben, zumindest nicht im Sinne der Bibel. Damit endet auch die Vorgeschichte der Geologie, die – nach einer auffälligen „Denkpause“ von mehreren Jahrzehnten – in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts mit der Umsetzung eines empirischen Forschungsprogramms einsetzte. Es war ein kognitiver Schritt in gleich mehrfacher Hinsicht. Es war klar geworden,

(1) dass eine Harmonisierung mit der Bibel ein sinnloses Unterfangen war;

(2) dass die Natur nicht eine Schöpfung aus dem Nichts sein konnte, sondern eine aus ihr selbst begründete Entwicklungsgeschichte haben muss;

(3) dass eine solche Entwicklungsgeschichte nur aus den Zeugnissen der Natur selbst rekonstruiert werden kann;

(4) dass eine solche natürlich Entwicklungsgeschichte auch einen ihr angemessenen Zeitraum braucht.

Damit war ein völlig neu eingestellter kognitiver Rahmen gegeben, in dem nun die Entwicklungsgeschichte der Natur erforscht werden konnte und auch sollte. Dieser Rahmen wurde nicht Stück für Stück in kleinen Schritten erarbeitet, sondern war ein völliger Neuanfang, der aus der Einsicht in das Scheitern der spekulativen „Theorien“ des vorangegangenen 17. Jahrhunderts heraus entstand. In Hinblick auf die Erforschung der Erdkruste bedeutete das: nur über das Studium ihres Aufbaus vor Ort kann es möglich sein, auch ihre Geschichte zu rekonstruieren. Mit dieser Einsicht wird auch der „klassische“ Geologe geboren, der mit dem „Verstand und mit dem Hammer“ durchs Gelände zu streifen beginnt.

Die Vorgeschichte der Geologie, als auch die eine eigentliche Geologie ermöglichende kognitive Neueinstellung, kann in einem größeren Zusammenhang gesetzt als eine Entwicklung in der Tradition der Naturphilosophie angesehen werden. Dabei wurden auch die Maßstäbe und Erkenntnismöglichkeiten wissenschaftlichen Arbeitens reflektiert und eine möglichst zuverlässige empirische Referenzierung angestrebt. Begleiterscheinung dieser Entwicklung waren ein ganzes Bündel erkenntnistheoretischer Arbeiten, die die Reichweite dieses Ansatzes auszuloten versuchten. Der *Versuch über den menschlichen Verstand* von John Locke (1690), die *Abhandlung über die Prinzipien der menschlichen Erkenntnis* von George Berkeley (1710), die *Untersuchung über den menschlichen Verstand* von David Hume (1748) und schließlich die *Kritik der reinen Vernunft* des Immanuel Kant (1781) sind die Meilensteine dieser die Naturforschung begleitenden Überlegungen.

Zu dieser naturphilosophischen Tradition gesellt sich mit der kognitiven Neueinstellung in der Mitte des 18. Jahrhunderts auch die naturgeschichtlich-beschreibende Tradi-

tion des Bergbaus. Einige der in diesem Bereich arbeitenden Gelehrten begannen, ihre Fokussierung auf diese traditionellen Themen (Gänge, Erze, Hüttentechnik) zu lockern und sich auch „wissenschaftlich zweckfrei“ für das wirtschaftlich weniger interessante „normale“ Gebirge zu interessieren. Der in Freiberg wirkende Abraham Gottlob Werner ist hierfür das treffendste Beispiel. Endlich wurden Gesteins- und Gebirgsklassifikationen konzipiert, die für die Erkundung im Gelände unverzichtbare Grundlage waren.

Die philosophische Tradition wird aber dennoch vor allem von den frühen englisch-schottischen Geologen (Hutton, Playfair, Scrope, Lyell, Darwin) weitergeführt – dieser Tradition verdankt die „Geologie“ schließlich ihren Namen. Werner konnte sich mit seiner für einen mehr naturgeschichtlich-beschreibenden Ansatz stehenden *Geognosie* dagegen nicht durchsetzen. Doch damit sind wir bereits aus der Vorgeschichte in der eigentlichen Geschichte der Geologie angekommen.

Ein wichtiger Schluss, den wir aus dieser Betrachtung der Vorgeschichte ziehen können: die Entwicklung der Geologie verlief nicht ausgehend von kleinen Beobachtungen zu größeren, mehr generalisierten Konzepten, sondern umgekehrt. Der Blick auf die Erde setzte mit den Fragen zu den großen Strukturen ihrer Oberfläche ein. Die „Entdeckung der tiefen Zeit“ war ebenfalls nicht das Ergebnis einer stückweisen Addition von Schichtgesteinen und ihrer geschätzten jeweiligen Bildungsdauer, sondern ein entschlossener Schritt in eine neue Dimension der Natur.

Literatur

Allgemein

Atran, S. (1993): Cognitive foundations of natural history: Towards an anthropology of science. Cambridge University Press.

- Bauer, T. (2018): Warum es kein islamisches Mittelalter gab: Das Erbe der Antike und der Orient. – München: Beck.
- Davies, G. L. (1966): The eighteenth-century denudation dilemma and the Huttonian Theory of the Earth. *Annals of Science*, 22(2), 129-138.
- Davies, G. H. (1969): The Earth in decay: A history of British geomorphology, 1578-1878. Macdonald & Company.
- Dueck, Daniela (2013): Geographie in der antiken Welt. – Darmstadt: Philipp von Zabern.
- Giere, R. N. (2010): Explaining science: A cognitive approach. University of Chicago Press.
- Gould, S. J. (1987): Time's arrow, time's cycle: Myth and metaphor in the discovery of geological time (Vol. 2), Harvard University Press.
- Laudan, R. (1982): Tensions in the concept of geology: natural history or natural philosophy? *Earth sciences history*, 1(1), 7-13.
- Laudan, R. (1987): From mineralogy to geology: the foundations of a science, 1650-1830. University of Chicago Press.
- Porter, R. (1977): The Making of Geology: Earth science in Britain 1660-1815. – Cambridge.
- Renn, J. (2022): Die Evolution des Wissens: eine Neubestimmung der Wissenschaft für das Anthropozän. Suhrkamp.
- Rossi, P. (1987): The dark abyss of time: The history of the earth and the history of nations from Hooke to Vico. University of Chicago Press.
- Rudwick, M. (1996): Geological Travel and Theoretical Innovation: The Role of „Liminal“ Experience. *Social studies of science*, 26(1), 143-159.
- Rudwick, M. J. (2008): The meaning of fossils: episodes in the history of palaeontology. University of Chicago Press.
- Rudwick, M. J. (2010): Worlds before Adam. In *Worlds Before Adam*. University of Chicago Press.
- Rudwick, M. J. (2011): The great Devonian controversy: The shaping of scientific knowledge among gentlemanly specialists. University of Chicago Press.
- Rudwick, M. J. (2014): Earth's deep history. In *Earth's Deep History*. University of Chicago Press.
- Tomasello, M. (2014): Eine Naturgeschichte des menschlichen Denkens. Suhrkamp Verlag.
- Zittel K. v. (1899): Geschichte der Geologie und Pa-

laontologie bis Ende des 19 Jahrhunderts. *Gesch. Wissensch., Deutschland*, 23, 1-868.

Primäre und dazu gehörende Sekundäre

15./16. Jh.

Agricola, Georg (1544/1956): *De ortu et causis subterraaneum libri V.* – In: Agricola: Ausgewählte Werke. Schriften zur Geologie und Mineralogie, 1. Übers. Georg Fraustadt, Hans Prescher. Berlin (VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften)

Dürer, Albrecht (1498): *Die heimlich offenbarung iohannis*, [lateinisch] *Apocalipsis cum figuris*, Nürnberg,

Dürer, A. (1525): *Underweysung der Messung, mit dem Zirckel und Richtscheyt, in Linien, Ebenen und gantzen corporen.* Nürnberg 1525. Online Edition: digital.slub-dresden.de/werkansicht/dlf/17139/02/2014; <https://kalliope-verbund.info/de/ead?ead.id=DE-611-HS-2456647>

Dürer, A (1528): *Hierinn sind begriffen vier Bucher von menschlicher Proportion durch Albrechten Durer von Nurerberg [sic.] erfunden und beschuben zu nutz allen denen so zu diser kunst lieb tragen (Vier Bücher von menschlicher Proportion):* Nürnberg: Hieronymus Andreae Formschneider

Hessus Eobanus (1532): *Urbs noribergera illustrata carmine Heroico.* Dazu die deutschsprachige Ausgabe von Ingrid Keck (2017); *Eine Stadtbeschreibung aus dem 16. Jahrhundert von Helius Eobanus Hesus.* Neustadt/Aisch, Schmidt-Verlag.

Schedel, Hartmann (1493): *Registrum huius operis libri cronicarum cu [cum] figuris et imagibus [imaginibus] ab inicio mudi [mundi].* Nürnberg, Koberger.

Schedel, H. (1988): *Die Schedelsche Weltchronik von 1493.* Kommentiert von Rudolf Pörtner, 4. Auflage (des Neudrucks), mit etwa 2000 Holzschnitten von Michael Wolgemut und Wilh. Pleydenwurff. Harenberg, Dortmund 1988 (= *Die bibliophilen Taschenbücher*. Band 64.)

Sekundärliteratur

Böhme, H. (1995): *Albrecht Dürers Traumgesicht von 1525.* Gerhard Härle (Hg.), *Grenzüberschreitungen. Friedenspädagogik, Geschlechter-Diskurs, Literatur-Sprache-Didaktik.* Festschrift für Wolfgang Popp. Essen, 17-35.

Böhme, H. (1997): *Albrecht Dürer, Melencolia I: im Labyrinth der Deutung.* Fischer-Taschenbuch-Verlag. Freyberg, B.v. (1977): *Des Eobanus Hesus nürnbergische Steinbruchsbeschreibung vom Jahre 1532.* Mit 3 Abb. im Text.- *Geol. Bl. NO-Bayern* 27, 1: 49-70, Erlangen 1977.

Grebe, A. (2012): „Anderer Apelles“ und „haarig bärtiger Maler“. – *Dürer als Thema in der deutschen Literatur um 1500.* In: *Der frühe Dürer, Nürnberg 2012*, S. 78-89.

Harris, J. C. (2012): *Albrecht Dürer's melencolia I.* *Archives of general psychiatry*, 69(9), 874-874.

Hess, D. & Esser, T. (2012): *Der frühe Dürer.* Germanisches Nationalmuseum Nürnberg.

Hess, D. (2012): *Die Natur als vollkommene Lehrmeisterin der Kunst.* In: *Der frühe Dürer, Nürnberg 2012*, S. 117-131

Heuer, C. P. (2021): *Evaporating Dürer.* *Grey Room*, 85, 40-69.

Holzberg, N. (1981): *Willibald Pirckheimer: Griechischer Humanismus in Deutschland (Vol. 4100),* Fink.

Leopold, C. (2014): *Albrecht Dürer's contributions to the European Perspective Research project in the Renaissance.* In: Valenti, G.M., *Prospettive architettoniche conservazione digitale, divulgazione e studio*, vol 1., 9-21.

Lüdemann, S. (2009): *Inversionen des Blicks oder Das Unbewusste im Feld des Sehens.* In *Archipele des Imaginären* (pp. 59-75): Springer, Vienna.

Metzger (2019): *Albrecht Dürer. Begleitbuch zur großen Dürer-Ausstellung in der Albertina in Wien 2019.*

Metzger (2019): *Albrecht Dürer: Landscape with Cannon.* – In: *The Renaissance of Etching*, ed. C: Jenkins, N.M. Orenstein & F. Spira, S. 54 f.

Oberheiden, A. (2012): *Neuplatonismus und Christentum: Ein Überblick über die Begegnungen zwischen griechischer Philosophie und Christentum.*

Robert J. (2012): *Dürer, Celtis und die Geburt der Landschaftsmalerei aus dem Geist der „Germania illustrata“*

Rodrigues, M. H. (2020): *Albrecht Dürer And The 16th Century Melancholy.* *VISUAL REVIEW. International Visual Culture Review/Revista Internacional de Cultura Visual*, 7(2), 95-108.

- Schauerte, T. (2015): Dürer & Celtis: Die Nürnberger Poetenschule im Aufbruch. München: Klinkhardt & Biermann Verlag 2015. 208 S.
- Schupp, V. (1994): Zu Hartmann Schedels Weltchronik. In: Heinrich Löffler (Hrsg.): Texttyp, Sprechergruppe, Kommunikationsbereich: Studien zur deutschen Sprache in Geschichte und Gegenwart; Festschrift für Hugo Steger zum 65. Geburtstag. Berlin: de Gruyter 1994, S. [52]-67

Leonardo

- Baucon, A. (2010): Leonardo da Vinci, the founding father of ichnology. *Palaios*, 25(6), 361-367.
- Baucon, A. (2010): Da Vinci's Paleodictyon: the fractal beauty of traces. *Acta Geologica Polonica*, 60(1), 3-17.
- Cioppi, E., (2006): Catalogue entries IV.4D.g, and V.7B.c1-7. In: Galluzzi P. (Ed.), *The mind of 1512 Leonardo [The universal genius at work]*, Giunti, Firenze, p. 288-290.
- Etheridge, K. (2019): Leonardo and the whale. In *Leonardo da Vinci – Nature and Architecture* (pp. 89-106), Brill.
- Ferretti, A., Vezzani, F., & Balini, M. (2020): Leonardo da Vinci (1452-1519), and the birth of stratigraphy. *Newsletters on Stratigraphy*, 53(1), 1-17.
- Laurenza, D. (2015): Leonardo's theory of the earth: unexplored issues in geology from the Codex Leicester. In: Frosini, F., and Nova, A. (Eds.), *Leonardo da Vinci on Nature: Knowledge and 548, Representation*. Studi e Ricerche 11, Marsilio, Venezia, p. 257-267, 388-391.
- Marchant, J. (2010): Leonardo da Vinci: palaeontology's founding father. *New Scientist*, 208(2780), 34-37.
- Montgomery, S. L. (1996): The eye and the rock: art, observation and the naturalistic drawing of earth strata. *Earth Sciences History*, 15(1), 3-24.
- Montgomery, S. L. (2000): Were Artists the First Teachers of Geology?. *Journal of Geoscience Education*, 48(3), 325-328.
- Vai, G. B., Giglia, G., Maccagni, C., & Morello, N. (1995): Geological priorities in Leonardo da Vinci's notebooks and paintings. *Rocks, fossils and history*, 13-26.
- Vai, G. B. (2021): Leonardo da Vinci's and Nicolaus Steno's geology. – *Earth Sciences History*, 40(2), 293-331.
- Wolfgang Welsch (2018): „Wasser oder Wind? Leonardo da Vincis Zeichnungen Windsor 12377-12386 neu interpretiert“, *Marburger Jahrbuch für Kunstwissenschaft* 45 (2018), S. 139-159. Download unter: <https://www.kunstgeschichte-ejournal.net/565/>
- Weyl, R (1949): Leonardo da Vinci's geologische Studien. *Natur und Volk* 79, 2-10.
- Weyl, R (1950): Die geologischen Studien Leonardo da Vincis und ihre Stellung in der Geschichte der Geologie. *Philosophia Naturalis I/2*, 243-284
- Weyl, R (1958): Leonardo da Vinci und das geologische Erdbild der Renaissance. *Nachrichten der Gießener Hochschulgesellschaft* 27/1958, 109-121.
- Zöllner, F. (1999): Leonardo da Vinci: die Geburt der "Wissenschaft" aus dem Geiste der Kunst.
- Zöllner, F. (2007): *Leonardo da Vinci: Sämtliche Gemälde und Zeichnungen*. (2. Aufl.), Taschen
- Zöllner, F. (2009): Kunst und Wissenschaft: Leonardo zwischen » automimesis « und Proportionslehre. *Denkströme. Journal der Sächsischen Akademie der Wissenschaften*, 3, 42-57.

Medizin/Anatomie

- Buck, A. (1984): Die Medizin im Verständnis des Renaissancehumanismus. In: Schmitz R. & Keil G. (Hrsg.): *Humanismus und Medizin*. Weinheim an der Bergstraße 1984 (= Deutsche Forschungsgemeinschaft: Mitteilungen der Kommission für Humanismusforschung. Band 11), S. 181-198.
- Cunningham, A. (2016): *The anatomical renaissance: The resurrection of the anatomical projects of the ancients*. Routledge.
- Ginn, S. R., & Lorusso, L. (2008): Brain, mind, and body: interactions with art in renaissance Italy. *Journal of the History of the Neurosciences*, 17(3), 295-313.
- Klestinec, C. (2020): *Theaters of Anatomy: Students, Teachers, and Traditions of Dissection in Renaissance Venice*. JHU Press.
- Keele, K. D. (1964): Leonardo da Vinci's influence on Renaissance anatomy. *Medical history*, 8(4), 360-370.
- Laurenza, D. (2012): *Art and anatomy in Renaissance Italy: images from a scientific revolution* (Vol. 69,

No. 3), Metropolitan Museum of Art.

Zentralperspektive

Crombie, A. C. (1980): Science and the Arts in the Renaissance: the Search for Truth and Certainty, *Old and New. History of Science*, 18(4), 233-246.

Gentili G., Simonutti L., & Struppa D.C. (2022): The Mathematics of Painting: the Birth of Projective Geometry in the Italian Renaissance. <https://arxiv.org/abs/2210.13295>

Li, J. (2015): On the Scientific Spirit of Renaissance Art. In 3rd International Conference on Management Science, Education Technology, Arts, Social Science and Economics (pp. 596-599), Atlantis Press.

Longo, G., Longo, S. (2020): Infinity of God and Space of Men in Painting, Conditions of Possibility for the Scientific Revolution. *Mathematics in the Visual Arts*, 2020. hal-02904061

Schmeiser, L. (2002): Die Erfindung der Zentralperspektive und die Entstehung der neuzeitlichen Wissenschaft. In: *Die Erfindung der Zentralperspektive und die Entstehung der neuzeitlichen Wissenschaft*. Brill Fink.

Schmeisser, Martin. (2010): Erdgeschichte und Paläontologie im 17. Jahrhundert: Bernard Palissy, Agostino Scilla, Nicolaus Steno und Leibniz. In: *Diskurse der Gelehrtenkultur in der Frühen Neuzeit* (pp. 809-858), de Gruyter.

17.-18. Jahrhundert

Arduino G (1760): *Due lettere del sig. Giovanni Arduino sopra varie sue osservazioni naturali*. – Venedig.

Vaccari, E. (2006): The “classification” of mountains in eighteenth century Italy and the lithostratigraphic theory of Giovanni Arduino (1714-1795).

Bacon, Francis (1620): *Novum organum scientiarum* (Neues Organ der Wissenschaften).

Bacon Francis (1623): *De augmentis scientiarum*. – London 1623. Benutzt wurde die englische Übersetzung in *Works of Francis Bacon, ed. Spedding, Ellis & Heath*, vol. IV. London 1858.

Baier J (1708): *Oryktographia Norica, sive rerum fossilium et ad minerale regnum pertinentium in territorio Norimbergensi ejusque vicinia observatarum, succincta descriptio. Cum iconibus lapidum figuratorum fere ducentis*. 102 S., Nürnberg (Wolfgang

Michahellis), 1708.

Berkeley, George (1710): *A treatise concerning the principles of human knowledge*. – Dublin. (Abhandlung über die Prinzipien der menschlichen Erkenntnis)

Beringer, Johannes Bartholomäus Adam (1726): *Lithographiae Wirceburgensis, ducentis lapidum figuratorum, a potiori insectiformium, prodigiosis imaginibus exornatae specimen primum*. Würzburg.

Burnet, Thomas (1681): *Telluris theoria sacra* (Teil I), – London.

Burnet, Thomas (1684): *The sacred theory of the earth* (I) – London.

Burnet, Thomas (1689): *Telluris theoria sacra* (Teil II) – London.

Burnet, Thomas (1690): *The sacred theory of the earth* (II) – London.

Eckhardt, Johann Georg (1719): Beschreibung desjenigen, was bey der Grabung des Herrenhaeuser-Canals am Lein-Strome her Curioeses in der Erde gefunden Neue Zeitungen von Gelehrten Sachen, (Leipzig 25. März 1719), S. 185-192;

Füchsel, G.C. (1761): *Historia terrae et maris ex historia Thuringiae, per montium descriptionem, eruta a Georgio Christiano Fuchsel*. In: *Actorum Academiae Electoralis Moguntinae Scientiarum utilium quae Erfordiae est. Tomus II. Erfordiae* (1761): 46-208.

Galilei, G. (1610): *Siderius nuncius*. – Venedig. Deutsche Fassung: (2002): *Nachricht von neuen Sternen*, hg. und eingeleitet von Hans Blumenberg. Frankfurt am Main (Suhrkamp), 2. Auflage.

Bartels, K. (1992): *Vom Mondgesicht zur Mondkarte*. – *Cartographica Helvetica* : Fachzeitschrift für Kartengeschichte, 5. <http://doi.org/10.5169/seals-4415>

Hooke R. (1665): *Micrographia: or Some Physiological Descriptions of Minute Bodies Made by Magnifying Glasses. With Observations and Inquiries Thereupon*. London 1665, *Observ. XVII. Of Perify'd wood, and other Perify'd bodies*, p. 107-112.

Hooke R. (1705): *Discourses of Earthquakes, their Causes and Effects, and Histories of several: to which are annext, Physical Explications of several of the Fables of Ovid's Metamorphoses, very different from other Mythologick Interpreters*. In: *The Posthumous Works of Robert Hooke. Containing his Cutlerian Lectures, and other Discourses*. Read

- at the Meetings of the Illustrious Royal Society, ed. Richard Waller. London 1705. Faksimile-Repr. London 1971 (Frank Cass & Co. LTD.), S. 277-450. Die erste Vorlesung stammt vom 15. Sept. 1668, die letzte vom 25. Juli 1694.
- Hunter, Michael & Schaffer, Simon (eds.) (1989): Robert Hooke. New Studies. Woodbridge, Suffolk: The Boydell Press, 1989.
- Hume, David (1748): An enquiry concerning human understanding – London. (Eine Untersuchung über den menschlichen Verstand)
- Kant, Immanuel (1781): Kritik der reinen Vernunft. – Riga.
- Kepler Johannes (1596): *Mysterium cosmographicum* (Prodromus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium cosmographicum, de admirabili proportione orbium coelestium, de que causis coelorum numeri, magnitudinis, motuumque periodicorum genuinis & proprijs, demonstratum, per quinque regularia corpora geometrica): – Tübingen.
- Kepler Johannes (ab1609/postum 1634): *Somnium sive astronomia lunaris*. – (2011): Deutsch: Der Traum, oder: Mond-Astronomie. – Aus dem Lateinischen von Hans Bungarten, hrsg. und mit einem Leitfaden für Mondreisende von Beatrix Langner. – Berlin (Mathes & Seitz).
- Kepler Johannes (1609): *Astronomia Nova, Aitiologetos, seu physica coelestis, tradita commentariis de motibus stellae Martis. Ex observationibus G. V. Tychonis Brahe*. (Neue Astronomie. Ursächlich begründet oder Physik des Himmels, dargestellt in Untersuchungen über die Bewegungen des Sternes Mars nach den Beobachtungen des Edelmannes Tycho Brahe. – Prag 1609.
- Kepler Johannes (1619): *Harmonices Mundi libri V*. – Linz.
- Lehmann, Johann Gottlob (1756): Versuch einer Geschichte von Flötz-Gebürgen, betreffend deren Entstehung, Lage, darinnen befindlichen Metallen, Mineralien und Foßilien. – Berlin.
- Leibniz, Gottfried von (1693): *Protogäa. Acta eruditum anno MDCXCIII*, S. 40-42.
- Leibniz, Gottfried von (1749): *Protogäa oder Abhandlung von der ersten Gestalt der Erde und den Spuren der Historie in den Denkmäalen der Natur*. Aus seinen Papieren herausgegeben von Christian Ludwig Scheid. Aus dem Lateinischen ins Teutsche übersetzt. Göttingen.
- Lærke, Morgens (2018): *Leibniz and Steno, 1675-1680*. In *Steno and the Philosophers* (pp. 63-84), Brill.
- Sticker Bernhard (1967): *Leibniz' Beitrag zur Theorie der Erde*. – *Sudhoffs Archiv* 51, 244-259.
- Waschkies, Hans-Joachim (1999): *Leibniz' geologische Forschungen im Harz*. In: Breger H. & Niewöhner F (ed.): *Leibniz und Niedersachsen: Tagung anlässlich des 350. Geburtstages von G. W. Leibniz*, Wolfenbüttel 1996, 187-210.
- Lister, M. 1671. A letter of Mr. Martin Lister... on that of Mr. Steno concerning petrified shells. *Philosophical Transactions of the Royal Society*, 5, 645-646.
- Locke, John (1690): *An Essay Concerning Humane Understanding* (Ein Versuch über den menschlichen Verstand) – London.
- Newton, Isaac (1687): *Philosophiae Naturalis Principia Mathematica*. – London.
- Newton, Isaac: *The Correspondence of Isaac Newton*, ed. H.W. Turnbull, Cambridge 1959-1977.
- Ray, John (1673/1738): *Observations made on a Journey through Part of the Low Countries, Germany, Italy and France*. – London 1673; hier zit. 2. Aufl. unter dem Titel: *Travels through the Low-Countries, Germany, Italy and France, with curious Observations* (...), London 1738.
- Scheuchzer, Johann Jacob (1726): *Homo diluvii testis*. Zürich.
- Scheuchzer, Johann Jacob (1731-1735): *Physica Sacra*. – 4 Bde., Augsburg.
- Stensen, Nicolaus (1667): *Canis Carchariae Dissectum Caput*. – Florenz.
- Steno N (1669): *De solido intra solidum naturaliter contento dissertationis prodromus. Ad serenissimum Ferdinandum II Etruriae Ducem*, Florenz 1669. – Übers. von Karl Mieleitner, *Das Feste im Festen. Vorläufer einer Abhandlung über Festes, das in der Natur in anderem Festen eingeschlossen ist* (Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Neue Folge. 3); Frankfurt/Main 1967.
- Cutler, A. H. (2021): *Steno and the rock cycle*. *Substantia*, 89-97.
- Dominici, S., & Rosenberg, G. D. (2021): *Introduction: Nicolaus Steno and earth science in early modern Italy*. *Substantia*, 5-17.

- Dominici, S. (2021): A man with a master plan: Steno's observations on earth's history. *Substantia*, 59-75.
- Strachey, J. (1725): I. An account of the strata in coal-mines, etc. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London*, 33 (391), 395-398.
- Challinor, J. (1954): The early progress of British geology.—II: From Strachey to Michell, 1719-1788. *Annals of Science*, 10(1), 1-19.
- Webby, B. D. (1969): Some early ideas attributing easterly dipping strata to the rotation of the Earth. *Proceedings of the Geologists' Association*, 80(1), 91-97.
- Varenius, Bernhardus (1650): *Geographia Generalis. In qua affectiones generales Telluris explicantur* Autore Berh. Varenio, Med. D., Elzevir, Amsterdam 1650. – Engl. Ausgabe 1682, 1683, 1693 u.f., franz. 1755.
- Walch, Johann Ernst Immanuel (1769-1773): *Naturschichte der Versteinerungen zur Erläuterung der Knorrschen Sammlung von Merkwürdigkeiten der Natur*. – 4 Bde., Nürnberg.
- Whiston, William (1696): *A New Theory of the Earth, From its Original, to the Consummation of All Things, Where the Creation of the World in Six Days, the Universal Deluge, And the General Conflagration, As laid down in the Holy Scriptures, Are Shewn to be perfectly agreeable to Reason and Philosophy*. London: Benjamin Tooke.
- Woodward John (1695): *An Essay toward a Natural History of the Earth: and Terrestrial Bodies, Especially Minerals: as Also the Seas, Rivers, and Springs. With an Account the Universal Deluge: and of the Effects that it had upon the Earth*, London 1695 (und folg. Aufl.).

Anschrift des Verfassers

Dr. Gottfried Hofbauer

Anzengruberweg 2
91056 Erlangen
geoldoku@gdgh.de