

NR *Veranstaltungen*

BIS 2. NOVEMBER

T-Shirts, Tüten und Tense**Die Ausstellung zur Nachhaltigen Chemie**

DBU-Wanderausstellung

Bremen

Universum Bremen, Wiener Str. 1a, 28359 Bremen, Tel. 0421/33 46-0 <http://www.universum-bremen.de/>

BIS 6. NOVEMBER

WILD ROCKS

Sonderausstellung

Zürich/Schweiz

focusTerra, Erdwissenschaftliches Forschungs- und Informationszentrum der ETH Zürich, Sonneggstrasse 5, 8092 Zürich, Tel. 0041 44 632 62 81 <http://www.focusterra.ethz.ch/>



Bergsturz am Eiger 2006 [Photo Bruno Petroni]

29. OKTOBER 2011 BIS 29. APRIL 2012

Unser täglich Brot ...**Die Industrialisierung der Ernährung**

TECHNOSEUM

Große Landesausstellung

Baden-Württemberg

Mannheim

Landesmuseum für Technik und Arbeit, Museumsstr. 1, 68165 Mannheim, Tel. 0621/4298-9 (www.landeseuseum-mannheim.de)

13. OKTOBER 2011 BIS 31. DEZEMBER 2012

Chemie in Freizeit und Sport

Sonderausstellung

München

Deutsches Museum München, Zentrum Neue Technologien, Museumsinsel 1, 80538, München, Tel. 089/2179-1 (www.deutsches-museum.de)

NR *Stichwort***Anthropozän**

Der Atmosphärenchemiker Paul Crutzen hat im Jahr 2000 den Begriff „Anthropozän“ für ein neues Erdzeitalter vorgeschlagen, weil die Auswirkungen menschlicher Aktivitäten auf die Umwelt eine mit natürlichen Einflüssen vergleichbare Dimension erreicht haben. Strittig ist aber bis heute nicht nur, wann das Anthropozän begonnen hat, sondern auch, ob es für ein neues Erdzeitalter ausreichende wissenschaftliche Belege gibt.

In seiner Erzählung *Der Mensch erscheint im Holozän* hat Max Frisch 1979 beschrieben, wie gleichgültig die Natur dem Menschen gegenüber steht. Heute, drei Jahrzehnte später, müsste der Schriftsteller nichts an dieser Aussage ändern. Allerdings würde er sicher nachdenklich und beunruhigt darüber sein, wie deutlich inzwischen die vom Menschen verursachten Klimaveränderungen sind. Aber genügen der von Paul Crutzen angeführte Anstieg der Kohlendioxidkonzentration und die damit verbundene Erwärmung der Luft und Ozeane, um das Anthropozän [1, 2] als eine neue erdgeschichtliche Epoche einzuführen? Nach herkömmlichem Verständnis der Geologen sicherlich nicht, denn diese folgenreichen Änderungen lassen sich noch nicht an geologischen Indizien festmachen wie

z.B. abrupte Änderungen der weltweiten Fossilien- und Sedimentbestände.

Dass der Begriff dennoch zunehmend gebraucht wird, hängt damit zusammen, dass Paul Crutzen mit seinem Vorschlag eine Problematik auf den Punkt gebracht und eine Diskussion über die Verantwortung der Menschen für die kommenden Generationen angestoßen hat [3, 4].

Um die Diskussion über den neuen Begriff Anthropozän einordnen zu können, ist ein Blick in den Verlauf des Holozäns hilfreich, den jüngsten Zeitabschnitt der Erdgeschichte, der mit der Erwärmung des Klimas am Ende des Pleistozäns vor 11 700 Jahren begann. Untergliedert wird das Holozän in das Alt-Holozän (10. bis 5. Jtsd. v. Chr.), Mittel-Holozän (6. bis 3. Jtsd. v. Chr.) und das Jung-Holozän (3. Jtsd. v. Chr. bis heute). Welche Klimaschwankungen es allein im Jung-Holozän gab, sei an wenigen Beispielen verdeutlicht [5, 6]: Weltweit begann Ende des 3. Jahrtausends vor Chr. eine Dürreperiode, die mehrere Jahrhunderte andauerte. Als Folge dieser Trockenheit blieb z.B. in Ägypten das Nilhochwasser aus, so dass das Alte Reich zusammenbrach. Von der Trockenheit wurde in Vorderasien das Volk der Amurriter vertrieben: Die sumerischen Nomaden wanderten nach Mesopotamien und zerstörten dort das akkadische Reich. Ab etwa 1200 vor Chr. begann eine ausgeprägte Kälteperiode, das Klimapessimum der Bronzezeit. Im Jahresmittel war es kälter als heute. Diese Kältezeit hielt bis Mitte des

1. Jahrtausends vor Christus an. Danach folgte das sogenannte Klimaoptimum der Römerzeit. Die Jahresmitteltemperatur lag höher als heute. In dieser Phase überquerte der kathargische Feldherr Hannibal die Alpen mit Elefanten (217 v. Chr.). Den Römern gelang sogar der Anbau von Wein auf den Britischen Inseln. Danach kam es erneut zu einer Klimaänderung, die zum Niedergang des römischen Reiches beitrug. Die Trockenperiode führte in Zentralasien zum Vorstoß der Hunnen; die Epoche der Völkerwanderung begann. In Nord- und Nordwest-Europa gab es in dieser Zeit große Ernteausfälle, die beträchtliche Versorgungsprobleme verursachten. In Zentralasien führte eine Dürreperiode im 4. Jahrhundert dazu, dass der Handel auf der Seidenstraße zum Erliegen kam. Zwischen dem 8. und 9. Jahrhundert setzte eine Erwärmung ein, mit heißen Sommern, aber auch vergleichsweise kalten Wintern, bekannt als mittelalterliches Wärmeoptimum. Die Wikinger begannen mit der Besiedelung von Island („Eisland“) und dem südlichen Küstenstreifen Grönlands. In Europa ereigneten sich in dieser Zeit viele katastrophale Sturmfluten. So wurde im Jahre 1362 bei einer Sturmflut die friesischen Inseln vom norddeutschen Festland abgetrennt. Ab Mitte des 14. Jahrhunderts setzte wieder eine Klimaveränderung ein, die ihren Höhepunkt zwischen 1550 und 1850 hatte. Nasskalte Sommer, in denen das Getreide nicht mehr ausreifte, prägten das sogenannte Neuzeit-

liche Klimapessimismus, auch bekannt als Kleine Eiszeit. Die Folge waren häufige Missernten und Hungersnöte; auch verheerende Seuchen wie die Pest sowie der Dreißigjährige Krieg könnten damit zusammenhängen. Es setzte eine Landflucht in Europa ein, die zur Abwanderung großer Bevölkerungsteile in die Neue Welt führte. Ab etwa 1850 kam es zu einer globalen Erwärmung, die besonders im letzten Viertel des 20. Jahrhunderts zu einem dramatischen Rückgang der Gletscher führte. Dieser „aktuelle“ Zeitabschnitt soll nun nach Paul Crutzen als Anthropozän bezeichnet werden.

Vor dem Hintergrund der klimatischen Schwankungen im Holozän (das aus erdgeschichtlicher Perspektive gleichwohl als die mit Abstand stabilste Klimaphase der letzten 400 000 Jahre anzusehen ist!), wird man besonders kritisch sein, wenn nun ein neues Zeitalter eingeführt werden soll. Hat der Mensch schon so massiv zu Veränderungen der Ökosysteme beigetragen, dass damit eine neue geologische Epoche eingeleitet wurde?

Folgende einschneidende Änderungen lassen sich nennen [7, 4]: Vor der Industrialisierung gab es noch komplex vernetzte Lebensgemeinschaften, die charakterisiert waren durch eine hohe Diversität an Pflanzenarten, Pflanzenfressern und Konsumenten höherer Ordnung. Als Folge der menschlichen Bewirtschaftung sind anthropogen überformte Ökosysteme entstanden, charakterisiert durch eine geringe Zahl an Pflanzen und Pflanzenfressern und den Menschen als einzig noch dominierenden Endkonsumenten. Als Folge dieser Veränderungen hat sich die natürliche *Aussterberate* in den diversitätsreichen Regenwäldern mehr als vertausendfacht. Die Fläche der Mangrovenwälder wurde bereits halbiert. Weitreichende Wirkungen hat auch die drastische *Überdüngung* von Naturreservaten, insbesondere mit Stickstoff [2, 8]. In den vergangenen 200 Jahren ist der *Flächenbedarf* für Städte und Straßen ebenso enorm gewachsen wie der *Bedarf an Rohstoffen* zum Bau menschlicher Infrastruktur sowie an *Wasser und Nahrung* für die Versorgung der Menschen. Seit dem Jahr 1900 hat sich der *Energieverbrauch* des Menschen mehr als versechzehnfacht, wobei Energieressourcen genutzt werden, die während der letzten 700 Millionen Jahre gebildet wurden. Damit geht ein deutlicher Anstieg von

Emissionen klimawirksamer Gase (Kohlendioxid, Methan, Stickoxide, Schwefeldioxid) einher, deren Folgen noch 50 000 Jahre nachwirken sollen [4].

Da man die Zeitalter der Erdgeschichte an geologischen Merkmalen festmacht, stellt sich die Frage, welche Zeugnisse des postulierten Menschenzeitalters es noch in 100 000 oder in 10 Millionen Jahren geben wird. Analysierbare Lufteinschlüsse im ewigen Eis werden nur bis zum nächsten vollständigen Abschmelzen der Polkappen erhalten bleiben. Dagegen sollte sich der massive Wandel der Ökosysteme in Pollen- und Sporenssoziationen sowie in fossilen Tier- und Pflanzengemeinschaften dauerhaft widerspiegeln. Zu den Leitfossilien sollten neben dem Menschen auch Schwein, Rind und Hund gehören, und es wird sicherlich Hinweise auf einen massiven Artenrückgang geben.

In den Sedimenten ist auch mit steinernen Zeugen und Kulturmüll der Zivilisation zu rechnen. Allerdings sind die Chancen, derartige Funde zu machen, schlecht, denn der Mensch trägt erheblich zur Erosion bei, so dass zumindest mit der Bildung kontinentaler Sedimente nicht zu rechnen ist.

Die in der Gesamtbilanz destruktive Wirkung des Menschen zeigt sich daran, dass bereits jetzt die Rate der Bodenerosion bei weitem die Rate der Boden Neubildung übersteigt. Wilkinson hat dies im Jahre 2005 ausführlich analysiert [9]. Nach seinen Berechnungen wurden in den vergangenen 500 Millionen Jahren die Kontinentaloberflächen durch Erosion um nur wenige Dutzend Meter pro Millionen Jahre abgetragen. Unter menschlicher Einwirkung soll dieser Wert auf mehrere 100 Meter ansteigen. Wilkinson hat mit Hochrechnungen zur Bevölkerungsentwicklung, Landnutzung und Pro-Kopf-Gesteinsbewegung gezeigt, dass die anthropogenen Erosionsprozesse bereits seit dem Ende des ersten Jahrtausends unserer Zeitrechnung über alle natürlichen Prozesse dominieren. Nach seinen Kalkulationen liegt der Beginn des „exogen-dynamischen Anthropozäns“ bereits 1000 Jahre zurück. Somit wäre der Mensch schon längst zum bedeutsamen geologischen Faktor geworden.

Derartige Berechnungen haben mittlerweile zu einem Umdenken der Geologen geführt, die zunächst mehrheitlich die Postulierung eines neuen Erdzeital-

ters kritisierten, weil das Anthropozän letztlich anhand von Szenarien der Klimaerwärmung und des denkbaren Verlaufs des Artensterbens definiert wurde und nicht anhand von nachweisbaren Sedimenten.

Bemerkenswert ist, dass die Kommission für Stratigraphie der einflussreichen Londoner Geologischen Gesellschaft im Jahr 2009 die Frage: „Leben wir im Anthropozän?“ – einmütig mit Ja beantwortet hat [10]: Die Erde sei in Folge der rasanten Entwicklung der Landwirtschaft und der städtischen Zivilisation seit etwa 1800 in ein neues „stratigraphisches Stadium“ eingetreten, für das es in den letzten Jahrmillionen keine Parallelen gäbe. Neben dem Anstieg der Treibhausgase, der Übersäuerung der Ozeane, der Verarmung von Fauna und Flora führt die Londoner Gesellschaft die Transformation der Landschaft durch den Menschen an, die die jährliche Produktion natürlicher Sedimente beträchtlich übertrifft. Sie prognostiziert, dass die Kombination von Aussterben, globaler Artenwanderung und die Substitution der natürlichen Vegetation durch landwirtschaftliche Monokulturen ein charakteristisches biostratigraphisches Signal produzieren wird. Das Plädoyer der britischen Geologen ist letztlich ein Appell an die „Internationale Stratigraphische Kommission“ (ISC), denn nur diese Institution hat das Recht, offiziell eine neue Epoche zu benennen. Ohne Zweifel würde damit Neuland betreten, denn hiermit würde zugleich für einen Bewusstseinswandel geworben, um die Gesellschaft in Richtung einer nachhaltigen Bewirtschaftung zu führen.

- [1] P. J. Crutzen, *Nature* **415**, 23 (2002). – [2] P. J. Crutzen, E. F. Stoermer, – IGBP Newsletter **41**, 17 (2000). – [3] E. Ehlers: *Das Anthropozän. Die Erde im Zeitalter des Menschen*. Wissenschaftliche Buchgesellschaft, Darmstadt 2008. – [4] W. Steffen, P. J. Crutzen, J. R. McNeill, *Ambio* **36**, 614 (2007). – [5] H. H. Lamb: *The Course of Postglacial Climate*. In: A. F. Harding (Hrsg.): *Climate Change in the Later Prehistory*. Edinburgh University Press, Edinburgh 1982. – [6] N. Roberts: *The Holocene. An environmental history*. 2. Aufl. Blackwell Publishers, Oxford 1998. – [7] J. Finnigan, IGBP Newsletter **55**, 8 (2003). – [8] R. Potts: *Early Human Predation*. In: P. H. Kelley, M. Kowalewski, T. A. Hansen (Hrsg.): *Predator-Prey Interactions in the Fossil Record*. Kluwer Academics/Plenum Publisher, New York 2003. – [9] B. H. Wilkinson, *Geology* **33** (3), 161 (2005). – [10] J. Zalasiewicz et al., *GSA Today* **18** (2), 4 (2008).

Dr. Reinhard Piechocki, *Insel Vilm*