

Abb. 1
Geologisch-paläontologische
Feldforschung ist unab-
dingbar, möchte man die
in Gesteinen enthaltenen
Informationen entschlüsseln.
Gesteinsformationen, wie
sie z. B. in den Karnischen
Alpen vorkommen, dokumen-
tieren mit ihren Fossilien
unterschiedliche Ökosysteme
aus dem mittleren Paläozoi-
kum; Workshop anlässlich
der IGCP 596-Konferenz
in Graz im September 2011
Foto: Thomas Suttner.

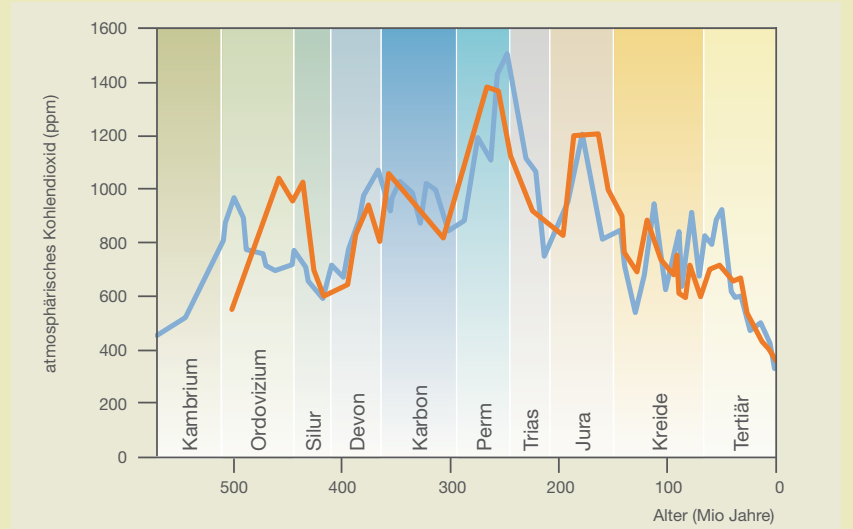


Klimawandel und Veränderung der Biodiversität in der Erdgeschichte

von Peter Königshof, Thomas Suttner & Wolfgang Kiessling

Klimawandel und Veränderung der Biodiversität – wie haben die Ökosysteme im Erdaltertum darauf reagiert? Ein neues internationales Forschungsprojekt untersucht die Lebenswelt des mittleren Erdaltertums. Welche Auswirkungen hat ein Wandel des Klimas? Wie und unter welchen Bedingungen verändert sich die Biodiversität? Was sind die entscheidenden Faktoren, die zu einer Klimaänderung führen? Dies sind aktuelle Fragen, die ein internationales Team von Geowissenschaftlern für spezifische Zeitabschnitte des mittleren Erdaltertums beantworten möchte, um daraus Schlüsse für Gegenwart und Zukunft zu ziehen.

Abb. 2
Ein wesentlicher Klimafaktor ist der Kohlendioxidgehalt in der
Atmosphäre (blaue Linie), der mit der Temperaturentwicklung (rote
Linie) auf der Erdoberfläche korreliert. Ein höherer CO₂-Gehalt
bedingt eine höhere Temperatur auf der Erde. Vielfach vergingen
jedoch erst mehrere Millionen Jahre, bevor eine Veränderung der
Temperatur einem Anstieg oder Abfall des CO₂ folgte.



Das Erdaltertum (Fachbegriff: Paläozoikum) begann vor circa 542 Millionen Jahren mit dem Kambrium und dauerte bis zum Ende des Perms, also bis etwa 251 Millionen Jahren vor heute – 290 Millionen Jahre, in denen Kontinente zerbrachen, neue Meere entstanden, Gebirge in die Höhe gedrückt wurden. Das mittlere Paläozoikum war von massiven Klimaveränderungen (Abb. 2) und Veränderungen der Diversität der Organismen gekennzeichnet. Dramatische Aussterbeereignisse sowie Vereisungen und Klimaschwankungen im späten Devon und frühen Karbon verbunden mit Meeresspiegelschwankungen führten zu einer veränderten Zusammensetzung der Tier- und Pflanzenwelt.

Einer der Antriebe für die massiven Umweltveränderungen war das Leben selbst. Die Entstehung der ersten Wälder im späten Devon und die Ausbreitung von Kohlesümpfen im Karbon führte zu einer rapiden Abnahme des Kohlendioxidgehalts in der Atmosphäre sowie zu veränderten Nährstoffeinträgen in die Ozeane. Dies hatte wiederum erhebliche Konsequenzen für die Evolution der Organismen, an Land und im Meer (z. B. Algeo und Scheckler 1998, Kerp 2002, Marshall et al. 2011). Klimaveränderungen beeinflussten die Entwicklung von Riffen. Im frühen Devon waren überwiegend mikrobielle Organismen am Riffaufbau beteiligt, im Mitteldevon hingegen sind die weltweit vertretenen Riffe überwiegend aus Stromatoporen und Korallen aufgebaut. Im späten Devon ändern sich die Verhältnisse wieder: Eine globale Riffkrise führte zu einer Zerstörung von Riffsystemen, nur wenige Riffkorallen und Stromatoporen überlebten.

Des Weiteren war das mittlere Paläozoikum die Zeit bedeutender paläogeographischer Veränderungen. Der bahnbrechenden Erkenntnis Alfred Wegeners (1912) über die Beweglichkeit der Kontinente verdanken wir unser Wissen über den Riesenkontinent Pangäa, der damals entstand und alle heute bestehenden Kontinente in sich vereinte. Pangäa ist im Zuge der sogenannten variszischen Gebirgsbildung gebildet worden, die im Devon begann und im Karbon ihren Höhepunkt erreichte (s. Beitrag von Eckelmann et al.). In diesem Zusammenhang haben Veränderungen der Ozeanzirkulation möglicherweise entscheidende Veränderungen in der Diversität mariner Organismen hervorgerufen (z. B. Dopieralska 2009). Die Entstehung von Gebirgsketten hat auch das Klima beeinflusst. Welche Auswirkungen hatten plattentektonische Prozesse im Vergleich zu eher kurzskaligen Veränderungen?



Senckenberg koordiniert UNESCO-gefördertes
Geoforschungsprojekt

In Kooperation mit sieben weiteren Forschungseinrichtungen (neben Autoren dieses Beitrages fungieren die Kolleginnen und Kollegen Illiana Boncheva, Bulgarien, Nadezhda Izokh, Russland, Thasinee Charoentitirat, Thailand, Johnny Waters, USA., und Phuong Ta Hoa, Vietnam, als Koordinatoren) wurde im April 2011 ein von der UNESCO (United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization) gefördertes Geoforschungsprojekt des renommierten Inter-

Abb. 3
Nicht immer ist der Zugang
von geologisch interessanten
Formationen einfach. Die
Feldarbeit in tropischen
Regionen erfordert manchmal
gewagte Konstruktionen.
Hier ein geologisches Profil
im Nordwesten Thailands,
an der Grenze zu Myanmar.
Foto: Peter Königshof.

International Geoscience Programme

Das International Geoscience Programme (IGCP) ist eines von sechs wissenschaftlichen Großprogrammen der UNESCO. Initiator und Förderer dieses Programms ist neben der UNESCO die IUGS (International Union of Geological Sciences). Das IGCP fördert die interdisziplinäre geowissenschaftliche Forschung durch wissenschaftliche Forschungsprojekte sowie durch die Ausrichtung von Workshops und internationalen Konferenzen weltweit. Die Förderung ist an die Verpflichtung gebunden, weitere Drittmittel zu akquirieren sowie international zu kooperieren. So werden Forscher von mehreren Kontinenten sowohl aus Industrienationen aber insbesondere aus Schwellen- und sich entwickelnden Ländern eingebunden. Bereits 1972 ins Leben gerufen, hat das IGCP seither die geologische Forschung weltweit erfolgreich vernetzt. Die umfangreichen Forschungsergebnisse von mittlerweile mehr als 600 Einzelprojekten machen das Programm zu einem der erfolgreichsten der UNESCO. Mit der Beteiligung an über 80 Projekten gehört Deutschland zu den aktivsten Teilnehmerstaaten des IGCP.



► national Geoscience Programme (IGCP, s. Kasten) bewilligt, das organisatorisch an Senckenberg angegliedert ist. Es trägt den Namen „Climate change and biodiversity patterns in the Mid-Palaeozoic“ und untersucht die Lebewelt des mittleren Erdaltertums.

Abb. 3 Sammlungen sind ein integrativer Bestandteil wissenschaftlicher Forschung. In zunehmendem Maße werden die Ergebnisse in Datenbanken eingegeben und somit elektronisch zur Verfügung gestellt. Das Foto zeigt die Sammlung der Sektion Historische Geologie und Fazieskunde am Senckenberg-Standort Frankfurt. Foto: Jana Anger

Klimawandel und Biodiversitätsveränderungen verstehen

Ziel des Projekts ist es, die Wechselwirkungen zwischen Klimaveränderungen und der Entwicklung der Diversität mariner und terrestrischer Organismen zu verstehen. Selbstverständlich kann im Rahmen dieses Projektes nicht das gesamte mittlere Paläozoikum untersucht werden. Deshalb haben sich die Koordinatoren bestimmte Zeitabschnitte innerhalb des Paläozoikums ausgesucht, die für das Forschungsthema besonders geeignet erschienen. Im Einzelnen sollen die Wissenschaftler folgende Fragen klären:

- Was steuert die Veränderungen im mittleren Paläozoikum? Ist die Variation des atmosphärischen CO₂-Gehaltes der entscheidende Faktor oder spielen darüber hinaus andere Faktoren wie Plattentektonik oder Vulkanismus eine wichtige Rolle?
- Welche Auswirkungen hatte der Wandel der Ökosysteme auf die Vielfalt der Organismen sowohl im terrestrischen als auch im marinen Bereich?
- Welchen Einfluss haben orbitale Zyklen (Milanković-Zyklen) und ihr periodisches Auftreten auf die Entwicklung der Diversität im mittleren Paläozoikum?

- Kann man mithilfe von Klimamodellierungen die entsprechenden Verhältnisse des Paläozoikums rekonstruieren?
- Stützen die Daten aus der Erdgeschichte die derzeitigen Hypothesen zu den Schwankungen des CO₂-Gehalts der Atmosphäre und der globalen Erwärmung?

Feldforschung und internationale Zusammenarbeit notwendig

Um diese Fragen beantworten zu können bedarf es eines international agierenden Netzwerkes, in dem unterschiedliche Spezialisten verschiedener Disziplinen miteinander kooperieren. Grundlage ist die systematisch-taxonomische Expertise, also die Kenntnis von den Organismen (Fossilien) und ihre Zuordnung zum Beispiel zu Gattungen und Familien. Darüber hinaus sind unter anderem geochemische Untersuchungsmethoden notwendig, um die in den Sedimenten und in den Organismen enthaltenen Klimaarchive zu entschlüsseln. Die Forschungsarbeit stützt sich dabei nicht nur auf die Auswertung vorhandener Daten. Die Wissenschaftler betreiben auch Feldforschung in verschiedenen Regionen der Erde (Abb. 2, 3) und tauschen sich auf Konferenzen und Workshops aus. Im ersten Jahr wurden bereits vier Konferenzen in vier Ländern erfolgreich durchgeführt.

Wissenschaftliche Sammlungen als Datenlieferanten

Klimawandel und Veränderungen der Biodiversität können allerdings nicht allein auf der Grundlage neuer Daten erforscht werden. Es gilt, alle vorhandenen und erschließbaren Daten einzubeziehen. Die umfangreichen Fossilien-

Die Autoren

Dr. Peter Königshof, geboren 1959, studierte Geologie an der Universität in Marburg. Nach der Promotion (1992) und Tätigkeit im Bereich der angewandten Geologie, arbeitet er seit 1993 am Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt. Seine Forschungsschwerpunkte sind die Mikrofazieskunde, Stratigraphie, sowie niedriggradige Metamorphose und Conodonten Alteration (CAI). Er ist Herausgeber der Zeitschriften *Palaeobiodiversity and Palaeoenvironments* sowie *Abhandlungen der Senckenberg Gesellschaft für Naturforschung*. Kontakt (Korresp. Autor): Dr. Peter Königshof, Senckenberg Forschungsinstitut und Naturmuseum Frankfurt, Senckenberganlage 25, 60325 Frankfurt am Main, peter.koenigshof@senckenberg.de.



Dr. Thomas Suttner, geboren 1975, studierte an der Universität in Wien und absolvierte seine Promotion 2006. Seit 2006 arbeitet er an der Universität Graz, Institut für Erdwissenschaften (Geologie und Paläontologie). Zu seinen Arbeitsgebieten gehören die Riffentwicklung fossiler Riffe, insbesondere die in Österreich, die Taxonomie, Morphologie und Ökologie von Conodonten sowie Systematik allgemein.



Prof. Dr. Wolfgang Kiessling, geboren 1965, studierte Paläontologie in Erlangen. Nach seiner Promotion (1995), einem Forschungsaufenthalt an der University of Chicago und seiner Habilitation (2005) arbeitet er seit 2001 am Museum für Naturkunde Leibniz-Institut für Evolutions- und Biodiversitätsforschung an der Humboldt-Universität zu Berlin. Seine Forschungsschwerpunkte sind evolutionäre Paläoökologie und Biodiversität, Diversitätsdynamik und Evolutionsraten sowie die Entwicklung fossiler Riffe in der Erdgeschichte (z. B. Massenaussterben und Riffkrisen). Er ist im Beirat der Paleobiology Database und Herausgeber der Zeitschrift *Biogeosciences*.



bestände wissenschaftlicher Sammlungen (Abb. 4) werden daher digitalisiert und für die aktuelle Forschungen genutzt (s. Beitrag von Jansen in diesem Heft). Eine Datenbank soll langfristig das Wissen bündeln und den Informationsaustausch erleichtern. Dazu wird eine bereits bestehende Datenbank (Palaeobiology Database: <http://paleodb.org>) genutzt und ausgebaut.

Verständnis der Vergangenheit als Grundlage für den Blick in die Zukunft

Speist man alle diese Daten in Computermodelle ein, lässt sich daraus ein Bild von den Klimaveränderungen, ihren Ursachen und Folgen von vor Hunderte Millionen Jahren herleiten. Die sorgfältige Analyse der erdgeschichtlichen Vergangenheit soll helfen, die Mechanismen des Klimawandels zu verstehen. Möglicherweise gelingt es uns dadurch, Handlungsempfehlungen für heute zu finden. Das Projekt hat eine Laufzeit von fünf Jahren. Informationen



► Bergstürze sind nicht nur im alpinen Raum ein häufiges Phänomen; sie treten auch in tropischen Regionen insbesondere während der Regenzeit auf. Wenn dabei geologische Profile aus laufenden Untersuchungen zerstört werden, ist dies besonders bedauerlich. Profil aus dem Oberdevon Nordwestthailands. Foto: Peter Königshof.

über dessen Fortgang (Publikationen, Workshops, Bildmaterial und Filmaufnahmen etc.) finden Interessierte unter: www.senckenberg.de/IGCP-596.

Schriften

Algeo T.J., Scheckler S.E., 1998: Terrestrial-marine teleconnections in the Devonian: links between the evolution of land plants, weathering processes and anoxic events. – *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B* 353, 113–130. Dopieralska, J. (2009): Reconstructing seawater circulation on the Moroccan shelf of Gondwana during the Late Devonian: Evidence from Nd isotope composition of conodonts. – *Geochemistry, Geophysics, Geosystem* 10(3), doi:10.1029/2008GC002247. Kerp, H., 2002: The Rhynie Chert – the oldest and most completely preserved terrestrial ecosystem. In: *Dernbach U. & Tidwell, W.D. (Hrsg.): Secrets of petrified plants. Fascination from millions of years. 88–103; Bensheim (D'Or).* Marshall, J.E.A., Brown, J.F. & Astin, T.R. (2011): Recognising the Taghanic Crisis in the Devonian terrestrial environment and its implications for understanding land-sea interactions. In: *Brett, C.E., Schindler E & Königshof P. (Hrsg.): Sea-level cyclicity, climate change, and bioevents in Middle Devonian marine and terrestrial environments. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology. 304 (1–2).* Wegener, A. 1912: Die Entstehung der Kontinente. *Geologische Rundschau* 3: 276–292.