Zeitschrift: Orion : Zeitschrift der Schweizerischen Astronomischen Gesellschaft
Herausgeber: Schweizerische Astronomische Gesellschaft
Band: 40 (1982)
Heft: 193

Rubrik: Neues aus der Forschung

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 20.07.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Warum starben die Dinosaurier aus?

K. J. HSÜ

Im 18. Jahrhundert, als die Erforschung der Erde auf den biblischen Traditionen aufgebaut war, wurde Noahs Sintflut als eines der wichtigsten Geschehnisse in der Erdgeschichte betrachtet. Man glaubte, dass die lebenden Organismen auf der Erde von Gott geschaffen und dann periodisch durch Katastrophen ausgerottet worden waren. Voraussetzung für die erste Annahme ist der fundamentale Glaube der Kreatianisten (creatonist), die zweite beinhaltet die Grundidee der Katastrophentheorie. Die Entwicklung der Naturwissenschaften im 19. Jahrhundert versetzte beiden Schulen tödliche Stösse. Die Evolutionstheorie von Charles Darwin ist heute so weit verbreitet, dass der Kreatianismus nur noch von einer kleinen Minderheit, den Fundamentalisten, in ihrer Religion vertreten wird. In der Zwischenzeit haben sich die Grundsätze des Aktualismus (Uniformitarianism) des Geologen Charles Lyell so festsetzen können, dass jeder rechtdenkende Geologe vor der «Häresie» der Katastrophentheorie zurückschreckt. Als C. Lyell den Begriff «Uniformitarianism» einführte, nahm er an, dass nicht nur chemisch-physikalische Gesetze während der gesamten Erdgeschichte ihre Gültigkeit hatten («Aktualismus»), sondern dass sich Form und Aussehen der Erde und damit auch die beobachteten chemisch-physikalischen Vorgänge in der Natur unverändert («uniform») in die Vergangenheit projizieren lassen.

Während der letzten Jahrzehnte wurden die Geologen zunehmend der Tatsache bewusst, dass die Katastrophentheorie nicht gleichbedeutend mit Kreatianismus ist. Die Billigung der Darwinschen Evolutionstheorie setzt nicht voraus, dass wir die LYELL'sche Forderung des Aktualismus akzeptieren müssen.

DARWIN war selbst ein Aktualist (im Leyllschen Sinne). In seiner Evolutionstheorie verfocht er langsame Änderungen der sich entwickelnden Organismen durch eine natürliche Auslese. Dennoch hatte ihn das offensichtlich plötzliche Aussterben schwimmender, mariner Schalentiere, genannt Ammoniten, am Ende der mesozoischen Aera, vor 65 Millionen Jahren, sehr beunruhigt.

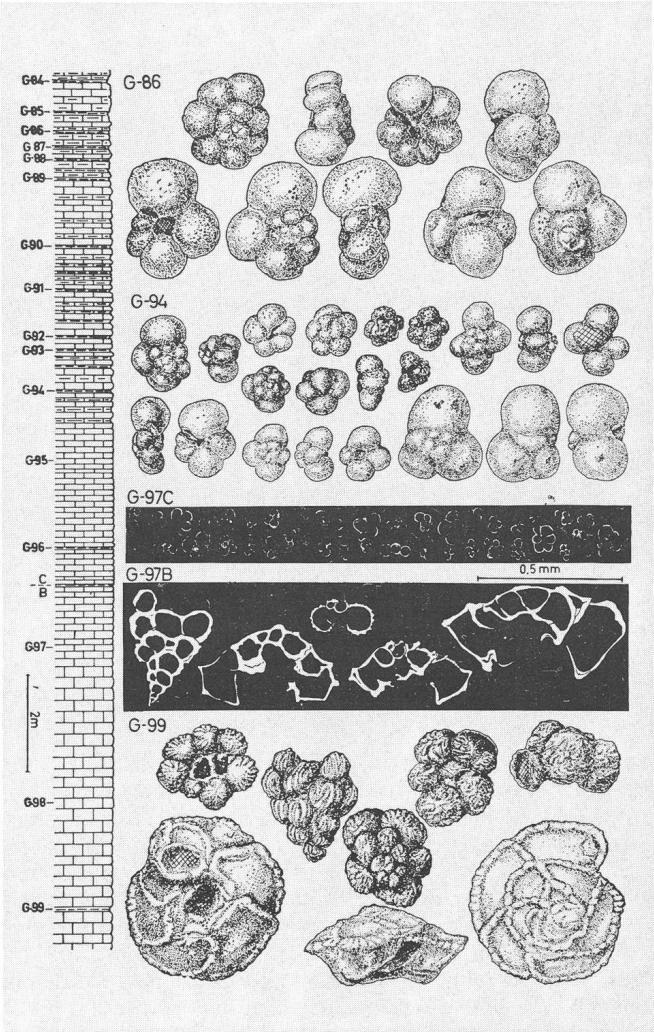
Das Massensterben am Ende des Mesozoikums

Die darauffolgenden Studien der Fossilien konnten DARWINS Dilemma nicht lösen helfen. Im Gegenteil, immer mehr Beweise traten auf, dass zu jener Zeit die Katastrophe eines Massensterbens stattgefunden haben musste. Auf dem Lande starben die Dinosaurier und andere grosse Landtiere aus. Im Wasser verschwanden nicht nur die Ammoniten, sondern auch viele andere treibende und schwimmende Tiere und Pflanzen. Was geschah?

Nicht alle Paläontologen sind sich einig, dass das Massensterben eine Katastrophe gewesen war. Untersuchungen von Landpflanzen, von Süsswassermollusken, von kleinen Landtieren und von zahlreichen Arten wirbelloser Meerestiere zeigten alle, dass die Entwicklungsänderungen am Ende des Mesozoikums nur langsam und allmählich stattgefunden hatten. Auf der anderen Seite ist die evolutionäre Veränderung alter Tiefseesedimente beachtlich. Diese Sedimente bestehen fast ausschliesslich aus Skeletten kleiner Einzelltiere, genannt *Foraminiferen,* und aus verkalkten Überresten von noch kleineren einzelligen Pflanzen, genannt *Nannoplanktons,* da sehr wenig Detritus vom Land aus die Tiefsee erreichen konnte. Wenn die Evolutionsänderungen langsam vor sich gingen, veränderte sich die Sedimentszusammensetzung der Mikrofauna und Nannoflora sehr wenig von einer geologischen Epoche zur nächsten.

Nimmt die Anzahl Objekte gewisser Arten in den Gesteinsschichtproben ab, so beobachtet man einen Entwicklungsrückgang dieser Arten, während das Aussterben durch das totale Fehlen dieser Art in den Sedimenten über dem letzten Erscheinungshorizont gekennzeichnet ist.

Die Veränderung des paläontologischen Bildes am Ende des Mesozoikums, von der Kreide zum Tertiär, ist jedoch sehr ungewöhnlich. Dies entdeckten zwei Mikropaläontologen während der frühen sechziger Jahre bei ihren Studien eines geologischen Querschnitts in der Nähe der toskanischen Gemeinde *Gubbio in Italien.* HANSPETER LUTERBACHER aus Basel und ISABELLA PREMOLI-SILVA aus Mailand fanden,



dass das letzte Kreidesediment ein Kalkstein ist mit Skeletten einer reichen und mannigfaltigen Fauna von Foraminiferen. (Abb. 1). Das erste Tertiärsediment ist ein Lehmsediment fast bar jeder Art von fossilen Skeletten. Im Sediment, welches ungefähr einen Zentimeter über der kretazisch-tertiären Grenzschicht liegt, gibt es Skelette von sehr kleinen Forami-

niferen, genannt *Globigerina eugubina*. Diese Art scheint der Vorfahre der ganzen Foraminiferenfauna zu sein, die heute im Ozean vorkommt!

Die Schlussfolgerung ist klar: Es gab ein Massenaussterben mit wenigen Überlebenden, welches durch eine explosive Evolution zu vielen neuen Formen führte.

Die anderen Hauptkomponenten einer Tiefseekomponente sind die verkalkten Überreste von Nannoplanktons. Bereits in den späteren fünfziger Jahren fand WILLIAM BRAMLETTE von Scripps, Kalifornien, ein Pionier-Student auf dem Gebiet der Nannofossilien, heraus, dass die Nannoplanktons der Kreide fast vollständig verschieden von denen des Tertiärs sind. KATHARINA PERCH-NIELSEN aus Zürich studierte einen Querschnitt in Dänemark, welcher dann als Vergleichsbasis festgesetzt wurde: sie konnte im Detail die katastrophale Veränderung in der Welt der Nannoplanktons über die kretazisch-tertiäre Grenze hinweg darstellen. Kürzlich machte JAN SMIT aus Amsterdam eine detaillierte Analyse des *Caravaca*-Schnitts in Spanien. Er entdeckte dabei, dass nur wenige der ca. 60 nannofossilen Arten die Katastrophe am Ende der Kreidezeit überlebt hatten.

Ist ein Meteoriteneinschlag der Grund des Dinosauriersterbens gewesen?

Der italienische, der dänische und der spanische Querschnitt sind auch deshalb interessant, weil bei kürzlichen Untersuchungen der Spuren-Metalle in Sedimenten eine ungewöhnlich hohe Konzentration des Metalls Iridium gefunden worden war; die anomale Konzentration beträgt das ca. 20fache der normalen Konzentration in Italien und das ca. 80fache derjenigen in Dänemark. LUIS und WALTER ALVAREZ aus Berkeley und ihre Mitarbeiter entdeckten diese Anomalie als erste und deuteten darauf hin, dass das Iridium von einem Meteoriten stammen musste, der am Ende der Kreidezeit auf der Erde aufgeschlagen war. Dieser Aufprall sollte der Grund des Massensterbens am Ende dieser Periode gewesen sein. Der Iridium-Beweis dieser Forscher ist sehr eindrücklich, aber die Alvarez-Gruppe bot keine überzeugenden Argumente, weshalb ein Meteorit-Einschlag marines Plankton und Dinosaurier töten sollte, während andere Organismen diese Katastrophe ungeschoren überlebt haben.

KENNETH HSÜ aus Zürich untersuchte die Art und Weise des selektiven Aussterbens am Ende der Kreidezeit und stellte die Hypothese auf, dass das aus dem Weltall auf die Erde gefallene Objekt mit aller Wahrscheinlichkeit ein *Komet* gewesen war mit einem «schmutzigen Schneeball»-Kern, der viele Cyanidverbindungen enthielt. Der Komet, wahrscheinlich von einer Billion Tonnen (10^{18} Gramm) Gewicht, fiel ins Meer, und die aufgelösten Cyanide verursachten durch Vergiftung das Massensterben marinen Planktons. Dabei veränderte diese Katastrophe die Chemie des Ozeans in einem solchen Ausmass, dass nur wenige planktonische Organismen, die Kalziumkarbonat-Skelette ausscheiden mussten, wachsen konnten; wahrscheinlich, weil der Ozean dann zuviel Kohlensäure enthielt. Das zeitliche Zusammenfallen des Massensterbens und der ungünstigen Bedingungen für ein neues Wachstum könnte der Grund gewesen sein für das katastrophale Aussterben der schwimmenden marinen Tiere und Pflanzen mit kalkhaltigem Skelett.

Für das Absterben der Dinosaurier zog HSÜ eine andere Erklärung vor: Diese Riesenreptilien zeigten sich sehr empfindlich gegenüber thermischer Beanspruchung, und sie wären alle an Herzversagen gestorben, wenn die max. Temperatur für eine kurze Zeit nur um 10° oder mehr erhöht worden wäre. Vielleicht hatte ein plötzlicher Temperaturanstieg, der auf den Kometeneinschlag folgte, alle Dinosaurier getötet?

Das Beweismaterial

Um diese Hypothese beweisen zu können, brauchte HSÜ Proben, die Informationen über die Fruchtbarkeit und über die Temperaturveränderungen der Meere nach Ende der Kreidezeit liefern würden. Er hatte Glück!

Im Frühjahr 1980 wurde das *Bohrschiff Glomar Challenger* für wissenschaftliche Bohrungen in den Südatlantik gesandt. Dies war bereits die 73. Expedition eines Tiefsee-Bohrprojektes, welches vom *Scripps Institut für Ozeanographie* durchgeführt und gemeinsam von den Regierungen der USA, der Bundesrepublik Deutschland, Frankreich, Grossbritannien, Japan und der Sowjetunion finanziert wurde. HSÜ und JOHN LABRECQUE waren die wissenschaftlichen Ko-chefs der Südatlantik-Expedition. Die Forschungsziele der Expedition waren vor mehreren Jahren festgelegt worden, bevor HSÜ begann, sich für die Probleme der kretazischen Endkatastrophe zu interessieren. Glücklicherweise konnten HSÜ und LABRECQUE ihre zugewiesenen Aufgaben eine Woche früher als vorgesehen abschliessen und erhielten dann die Erlaubnis, an einem Punkt westlich von *Kapstadt* Proben für ihr wissenschaftlich so aufregendes Projekt zu sammeln. Die Bohrung DSDP 524 wurde in das Seebett von *Cape Basin* gestossen, südlich eines Unterwasserberges mit Namen *Walvis Ridge*. Dieser Ort war aus Gründen einer vorhergegangenen Probeuntersuchung gewählt worden, weil diese angezeigt hatte, dass grosse Mengen der jungen Sedimente durch Unterwassererosion abgebaut worden waren. Unter diesen Vorbedingungen musste nicht 1000 Meter tief gebohrt werden, um die kretazisch-tertiäre Grenzschicht zu erreichen, sondern diese Proben konnten schon etwa 200 m unterhalb des Meeresbodens gesammelt werden. Und das Glück wollte es, dass die Sedimentationsgeschwindigkeit dort um einiges grösser gewesen war als gewöhnlich, da ungeheure Materialsmassen vom Walvis Ridge heruntergerutscht waren. Später kretazischer und früher tertiärer Mergel waren mit einer Durchschnittsgeschwindigkeit von ca. 3 cm pro 1000 Jahre abgelagert worden. Da die Proben in Intervallen von 1 cm oder weniger gesammelt und analysiert werden konnten, erhielten die Wissenschafter die Möglichkeit, die physikalischen und chemischen Veränderungen des Meeres in Zeitintervallen von durchschnittlich wenigen hundert Jahren zu messen.

HSÜ, C.C. HE, J. MCKENZIE, H. OBERHÄNSLI, K. PERCH-NIELSEN und H. WEISSERT, alle vom *Geologischen Institut der ETHZ,* haben die aus dem Südatlantik mitgebrachten Sedimente untersucht. Sie konnten die bereits an Land gemachten Beobachtungen wiederholen. Eine reiche und mannigfaltige Mikrofauna und Nannoflora war praktisch am Ende der Kreidezeit ausgerottet worden. Das erste nach der Katastrophe abgelegte Sediment ist eine weniger als 1 cm dicke Schicht roten Lehms. Der Lehm ist steril und weist keinerlei Fossilien auf. Vereinzelte *foraminifere Formen,* die zur Art der *Globigerina eugubina* gehören, identisch im Auftreten zu denen, die von LUTERBACHER und PREMOLI-SILVA bei *Gubbio,* Italien, beschrieben worden waren, findet man in den Sedimenten direkt über dem sterilen Horizont. Die nachfolgende Nannoflora ist auch identisch mit derjenigen von PERCH-NIELSEN in *Dänemark*. Die Wissenschafter analysierten auch die Sauerstoff- und Kohlenstoff-Isotope in den Sedimenten, die unmittelbar vor und nach der Katastrophe abgelagert worden waren. Sie fanden grosse Änderungen in der Isotopenzusammensetzung, was auf drastische Änderungen der

Temperatur und der Chemie der Meereswasser während einer kurzen Zeitspanne (aus geologischer Sicht!) von 50 000 Jahren nach der Katastrophe hinweist.

Die Sauerstoffisotope der Proben zeigen eine anfängliche Abkühlung des Ozeans nach dem Massensterben an, als die Oberflächen- und Grundtemperaturen des Meeres während der ersten tausend Jahre um einige wenige Grade gesunken waren. Danach aber änderte sich die Situation über die nächsten 50 000 Jahre. Während dieser Periode stiegen die Meerestemperaturen konstant an, bis sie um 10 Grade wärmer waren als zur Zeit des Katastropheneinfalls.

Die chemische Zusammensetzung und die Kohlenstoffisotopenverteilung in den Proben weisen darauf hin, dass auch die Meereschemie während derselben Periode drastischen Änderungen unterworfen worden war. Es ist offensichtlich, dass die lebenden Organismen in den Meeren dezimiert worden waren. Die treibenden *Foraminiferen* und *Nannoplanktons* waren fast vollständig vernichtet worden. Der Zerfall toter Organismen produzierte viel Kohlendioxyd, welches einen Überschuss an leichtem Kohlenatom C^{12} haben musste im Vergleich zu demjenigen, welches normalerweise im Meerwasser aufgelöst ist. Unter gewöhnlichen Bedingungen würde dieser Überschuss an leichtem Kohlenstoff von den lebenden und wachsenden marinen Organismen aufgenommen, so dass die Isotopenzusammensetzung des Kohlenstoffs im Meereswasser unverändert bliebe. Doch scheinen die Meere nach dem Massensterben vor 65 Millionen Jahren fast keine lebenden Organismen mehr gehabt zu haben, die den Überschuss an leichten Kohlenstoffatomen hätten aufnehmen können. – Infolgedessen wurde der C^{12}-Überschuss immer grösser und erreichte in ca. 50 000 Jahren ein Maximum. Einige hunderttausend Jahre nach der Katastrophe begannen die marinen Organismen so stark aufzuleben, dass sich langsam wieder das Kohlenstoff-Isotopengleichgewicht hätte einstellen können. Daten, die von Spezialisten ausgewertet wurden, zeigen jedoch, dass sich die Situation erst nach einer Million Jahren wieder normalisiert hatte. Diese Schlussfolgerung stimmt mit den Beobachtungen der Paläontologen überein, welche die Evolutionsgeschichte jener Meeresfauna und -flora studiert hatten.

Eine Auswahl von Versuchsproben wurde U. KRÄHENBÜHL an die Berner Universität zur Spurenelementanalyse gesandt. Seine Resultate bestätigen die Annahme, dass die Grenzschicht mit dem Spurenelement Iridium angereichert ist, das vom Trümmerabfall des ausserirdischen Objekts her stammte und bei dessen Aufprall auf die Erde in die Luft geschleudert worden war.

Wie lässt sich der Temperaturanstieg erklären?

Die von den Wissenschaftern gezeichnete Szenerie stellt dar, dass ein riesiger Komet oder Meteor vor 65 Millionen Jahren die Erde getroffen hatte. Durch den Einschlag wurden viel Staub und Wassermoleküle in die Stratosphäre geschleudert. Der Einschlag verursachte direkt oder indirekt ein Massensterben treibender mariner Organismen, und viele Arten starben auf der Stelle aus. Während über 50 000 Jahren war der Ozean, einer Wüste gleich, mit einer stark reduzierten Bevölkerung marinen Planktons. Nur wenige davon konnten in dem mit Kohlensäure angereicherten Meerwasser Skelette ausscheiden.

Weil die Lebewesen im Ozean, die CO_2 der Luft für die Photosynthese benützten, dezimiert wurden, nahm der CO_2-Inhalt der Atmosphäre stark zu. Der Treibhauseffekt dieser Zunahme bewirkte eine steigende Temperatur. Dadurch ist die merkwürdige Erhöhung der Temperatur der Atmosphäre nach der Katastrophe erklärt.

Die vom Zürcher Forscherteam erhaltenen Untersuchungsresultate stimmen mit der Hypothese überein, dass es die Hitze war, möglicherweise kombiniert mit einem reduzierten Sauerstoffgehalt in der Atmosphäre, die das Aussterben der Dinosaurier verursacht hatte; diese schwerfälligen Riesentiere konnten ihre Körpertemperatur nicht mehr länger kontrollieren und starben an Herzversagen.

Gemäss dem Schweizer Forscherteam wurde der kosmische Ausfall durch latitudinale Winde zerstreut. Die Iridium-Anomalie im Südatlantiksediment ist dabei bemerkenswert kleiner als diejenige, die früher schon an gewissen Stellen in der nördlichen Hemisphäre gefunden worden war, wahrscheinlich, weil der Komet auf einem höheren nördlichen Breitengrad eingeschlagen war. Spezialisten haben bei *Kamensk in Südrussland* einen grossen, 65 Millionen Jahre alten Krater gefunden, der sehr wohl die Stelle sein könnte, wo der Komet oder Meteor aufgeprallt war!

Schlussfolgerung

Viele weitere Untersuchungen sind nötig, um die Hypothese eines katastrophalen Aussterbens als Folge eines Kometeneinschlags bestätigen zu können. Doch, angenommen, die Idee erweist sich als richtig, so wäre es angebracht, einige der Grundideen der *Darwinschen Evolutionstheorien* neu zu überdenken.

Anstelle der *Existenz- und Überlebenskampf-Theorie* interpretiert die angebrachtere, die *Katastrophenthese,* dass der Zufall eine bedeutende Rolle in den Entwicklungsveränderungen gespielt hat.

Das Geschehnis am Ende der Kreidezeit verursachte das Aussterben grosser Landreptilien und marinen Planktons. Eine andere Katastrophe könnte eine andere Reihe von katastrophalen Änderungen verursacht haben und eine weitere Möglichkeit von Überlebenschancen hervorgebracht haben. Zusätzlich könnte das Massenaussterben viele vorher besetzten ökologischen Räume freigesetzt haben und so Anlass zu einer explosiven Entwicklung gegeben haben, wie es die paläontologischen Aufzeichnungen für den Beginn des Tertiärs bezeugen.

Literatur:

HSÜ, K. J., 1980, Terrestrial catastrophe caused by cometary impact at the end of Cretaceous, Nature, v. 285, p. 201–203.
HSÜ, K. J., et al., 1982, Mass mortality and its environmental and evolutionary consequences, Science, v. 216, p. 249–256.

Adresse des Autors:
Prof. Kenneth J. Hsü, Geologisches Institut ETH Zentrum, 8092 Zürich.
(Aus dem Englischen übersetzt von S. Hafner)