

Über die Ereignisse im späten Ordovizium

Warum die thüringische Schmiedefeld-Formation nicht die radiometrische Datierung widerlegt¹

UWE SPRITKOPF

Der *Kreationismus* ist eine der absurderen Spielarten des Christentums. Er geht von einer wörtlichen Auslegung der Bibel aus. Kreationisten glauben, dass die Schöpfungsgeschichte im Buch *Genesis* genauso passiert ist wie niedergeschrieben. Sie halten Noah für eine historische Person. Sie glauben, dass er, wie in der Bibel



beschrieben, 950 Jahre alt wurde. Und sie sehen die Sintflut als historische Tatsache an. Kreationisten meinen weiterhin, dass die biblische Genealogie eine faktische Beschreibung der Generationenfolge des ersten Menschen bis hin zu den verschiedenen Völkern Israels liefern würde. Dabei handelt es sich um eine im Alten Testament enthaltene, ermüdend ausführliche Aufzählung der Nachkommenschaft von Adam und Eva. Vor allem würde aus dieser Genealogie hervorgehen, dass die Erde nicht älter als 6.000–10.000 Jahre sein könne. (Den *Alte-Erde-Kreationismus* vernachlässige ich hier).

Diese Auffassung über das Erdalter kollidiert stark mit geologischen Erkenntnissen, nach denen die Erde vor etwa 4,5 Milliarden Jahren entstanden ist. Kreationisten bemühen sich daher, diese Erkenntnisse als falsch darzustellen und die Methoden, mit denen sie erlangt wurden, zu diskreditieren. Eine dieser Methoden ist die radiometrische Datierung, die Martin NEUKAMM ausführlich in einem empfehlenswerten Artikel im Rahmen des letztjährigen Blog-Schreibwettbewerbs behandelt hat.² Um sie soll es daher in diesem Artikel nicht gehen, sondern um eine Gesteinsformation, die angeblich beweist, dass die radiometrische Datierung grundlegend falsche Daten liefere.

¹ Beim vorliegenden Essay handelt es sich um einen geringfügig überarbeiteten Beitrag zum Science-Blog-Schreibwettbewerb 2015, veröffentlicht unter: <https://tinyurl.com/y3mlu85w>.

² <http://scienceblogs.de/astrodicticum-simplex/2014/09/30/wie-zuverlaessig-sind-radiometrische-altersbestimmungen-oder-wie-man-ozeane-zum-kochen-bringen-kann/>

Die *Schmiedefeld-Formation* (Abb. 1) ist eine geologische Schichtenfolge in Thüringen. Sie ist nach dem gleichnamigen Ort benannt, der im Thüringischen Schiefergebirge zwischen Suhl und Ilmenau gelegen ist. Sie besteht aus einer bis zu 40 Meter mächtigen, jedoch in ihrer Dicke stark schwankenden Eisenerzschicht, die durch eine Schicht aus Griffelschiefer unter- und durch eine Lederschieferschicht überlagert wird. (Griffelschiefer heißt so wegen der stiftförmigen Bruchstücke, mit denen früher auf Schiefertafeln geschrieben wurde, Lederschiefer hat seinen Namen von der braunen Farbe.)

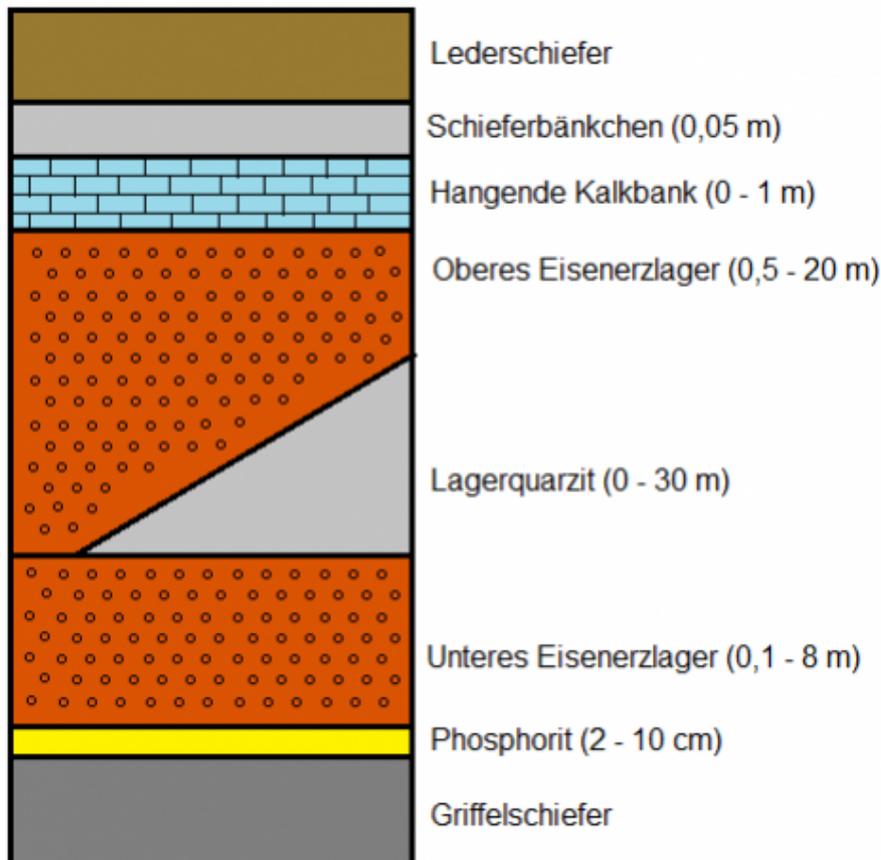


Abb. 1 Schichtenfolge der Schmiedefeld-Formation (eigenes Werk).

Geologie und Biologie im Ordovizium

Versetzen wir uns 450 Millionen Jahre zurück ins Ordovizium, die Zeit, in der die Schmiedefeld-Formation entstanden ist. Auf der Südhalbkugel liegt der Großkontinent Gondwana, dessen Landmasse sich vom Äquator bis zum Südpol zieht. Daneben existieren noch die drei kleineren Kontinente Laurentia, Sibiria und Baltica sowie der Mikrokontinent Avalonia. Letzterer hatte sich erst wenige Millionen Jahre zuvor vom Nordrand Gondwanas abgespalten (Abb. 2).

Die kambrische Explosion – das erste massenhafte Auftreten von hartschaligen Lebewesen – liegt bereits 100 Millionen Jahre zurück. Pflanzen haben vor 30 Millionen Jahren begonnen, das feste Land zu besiedeln. Vorher lebten sämtliche Pflanzen im Meer, und die Oberflächen der Kontinente bestanden lediglich aus nacktem Felsen und Geröll. Das Tierleben findet zwar nach wie vor ausschließlich in den Meeren statt. Allerdings hat es nach der kambrischen Explosion einen zweiten großen Diversifizierungsschub, das GOBE (*Great Ordovician Biodiversification Event*) erfahren. Dieser wird besonders durch die räumliche Trennung des Ozeans in viele kleinere, den Kontinenten vorgelagerte Schelfmeere und der damit verbundenen Schaffung von ökologischen Nischen getrieben.

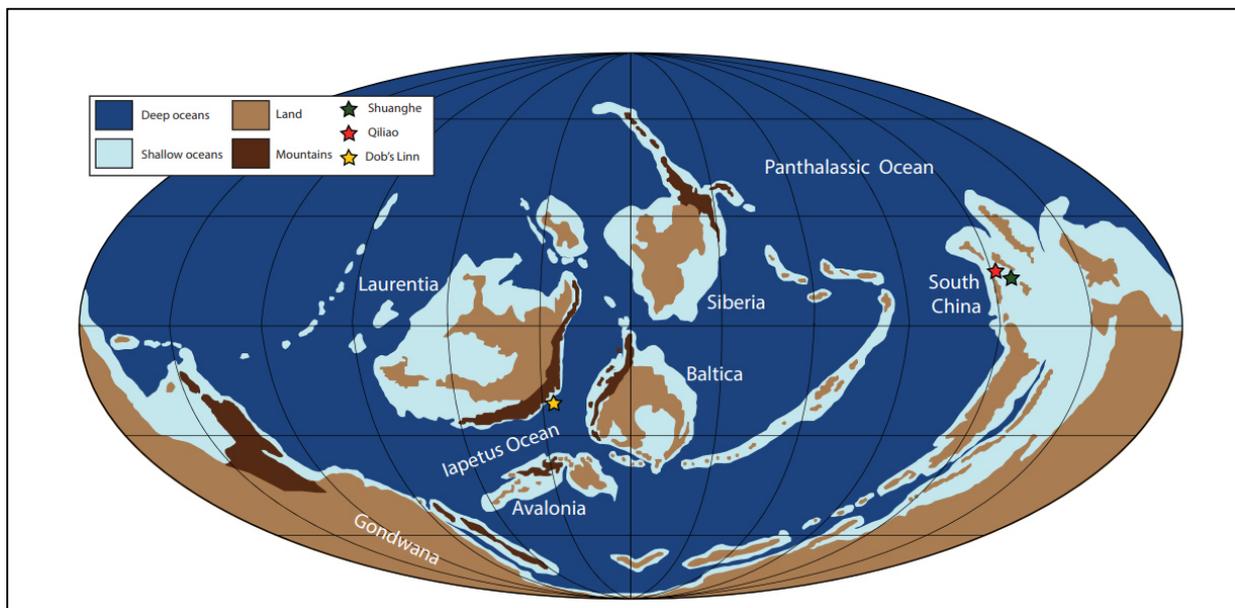


Abb. 2 Die Erde vor 430 Millionen Jahren. Bild: KOZIK et al. (2022). [CC BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).

Die durchschnittliche Erdtemperatur ist mit 16 °C (trotz geringerer Strahlungsintensität der Sonne) einige Grad höher als der heutige Wert. Es ist also recht warm auf der ordovizischen Erde. Die Luft enthält mit rund 13 % allerdings noch deutlich weniger Sauerstoff als heute (21 %). Dennoch ist dies schon viel im Vergleich zu den vorkambrischen Zeiten, in denen der Sauerstoffgehalt konstant bei etwa 3 % lag. Erst seit dem Kambrium produziert die marine Pflanzenwelt so viel Sauerstoff, dass dieser nicht mehr allein vom Wasser aufgenommen werden kann, sondern auch in die Atmosphäre entweicht. Der CO₂-Gehalt der Luft im Ordovizium ist hingegen verglichen mit heutigen Werten extrem hoch. Er liegt bei etwa 4.200 bis 4.500 ppm (heute: 400 ppm), was auch das Treibhausklima in dieser Zeit erklärt.

Die Region, in der heute der Ort Schmiedefeld zu finden ist, liegt nicht in Europa – diesen Kontinent gibt es noch gar nicht. Er liegt auch nicht in einem Mittelgebirge, sondern ist Meeresgrund in einem flachen Schelfmeer, welches Gondwana vorgelagert ist. Das Thüringische Mittelgebirge wird erst 100–150 Millionen Jahre später im Zuge der *Variszischen Orogenese* aufgefaltet werden. Dabei kollidieren Gondwana und Laurussia (ein aus der Vereinigung von Laurentia, Baltica und Avalonia hervorgegangener Großkontinent) miteinander. Noch hat auch die Bildung der Eisenerzformation nicht begonnen. Stattdessen werden auf dem Meeresgrund Schichten aus Ton abgelagert, die später den Griffelschiefer bilden werden.

Im Ordovizium liegt der Meeresspiegel rund 200 Meter höher als in der Jetztzeit. Dies ist weniger darauf zurückzuführen, dass es über den Polen der Erde keine Eiskappen gibt, wie man vielleicht annehmen könnte. Viel stärker wirkt die Tatsache, dass die Plattentektonik deutlich aktiver ist als in heutiger Zeit. An den Spreizungszonen entsteht neuer Meeresboden viel schneller als heute. Er ist dadurch weniger dicht als alter Meeresboden, der sich unter seinem Eigengewicht gesetzt hat. Folglich sinken die Schollen, auf denen er liegt, weniger tief in den Erdmantel ein.

Die Eiszeit kommt

Das Leben im Ordovizium floriert, jedoch droht Ungemach am Horizont. Aufgrund starker Verwitterung von Gesteinen und dem Erscheinen der ersten Landpflanzen sinkt der Gehalt des Treibhausgases CO₂ rapide ab, was eine Abkühlung mit sich bringt. Gleichzeitig liegt über dem Südpol die große Landmasse von Gondwana. Dies verstärkt die Tendenz zur Vereisung, da Niederschläge in Form von Schnee nicht mehr aufs offene Wasser fallen und von diesem aufgenommen werden. Sie bleiben liegen, erhöhen die Albedo der Erde (Reflektionsgrad für einfallendes Licht) und sorgen für weitere Abkühlung. In der Folge setzt eine Kaltzeit ein, die als die Silur-Ordovizische Vereisung oder auch Sahara-Vereisung bekannt ist. Sahara-Vereisung deswegen, weil die Region, in der heute die Sahara liegt, ein Teil von Gondwana war und sich genau über dem Südpol befand.

Weder dauert diese Kaltzeit mit wenigen Millionen Jahren so lange wie die großen Eiszeiten des Cryogeniums, noch ist sie im Grad der Vereisung mit diesen vergleichbar. Nichtsdestoweniger sind die Folgen drastisch. Die Meeresspiegelabsenkung beträgt mindestens 70 Meter (stellenweise deutlich mehr) und beraubt die flachmarinen Faunen und Floren ihres Lebensraumes. Außerdem kommen viele an das warme Treibhausklima gewöhnte Lebewesen mit den deutlich kälteren Bedingungen nicht zurecht. Die Folge ist ein Massenaussterben, bei dem über 80 % aller Lebensformen verschwinden.

Bildung der Schmiedefeld-Formation

Auch in der zukünftigen Schmiedefeld-Region ändern sich die Bedingungen. Diese liegt trotz der einsetzenden Eiszeit nach wie vor in tropischen Breiten mit entsprechenden Temperaturen. Der fallende Meeresspiegel und das flacher werdende Wasser verursachen sogar einen Anstieg der Wassertemperatur. Dieser führt anfangs zur Ausfällung und Sedimentation von Phosphoriten, bevor mit weiter sinkendem Wasserstand die Bildung der eigentlichen Eisenerzformation einsetzt.

Das Meerwasser in der fraglichen Region ist sehr eisenhaltig, vermutlich durch Erosionseintrag vom nahen Land. Dieses Eisen fällt aus und bildet die untere Schicht des zukünftigen Eisenerzlagers von Schmiedefeld. Ein Teil des Eisens bildet sogenannte **Ooide**, kleine kreisrunde Kügelchen aus dem eisenreichen Silikatmineral Chlorit und Eisenphosphorit mit einem Kern aus Quarzit (Abb. 3).

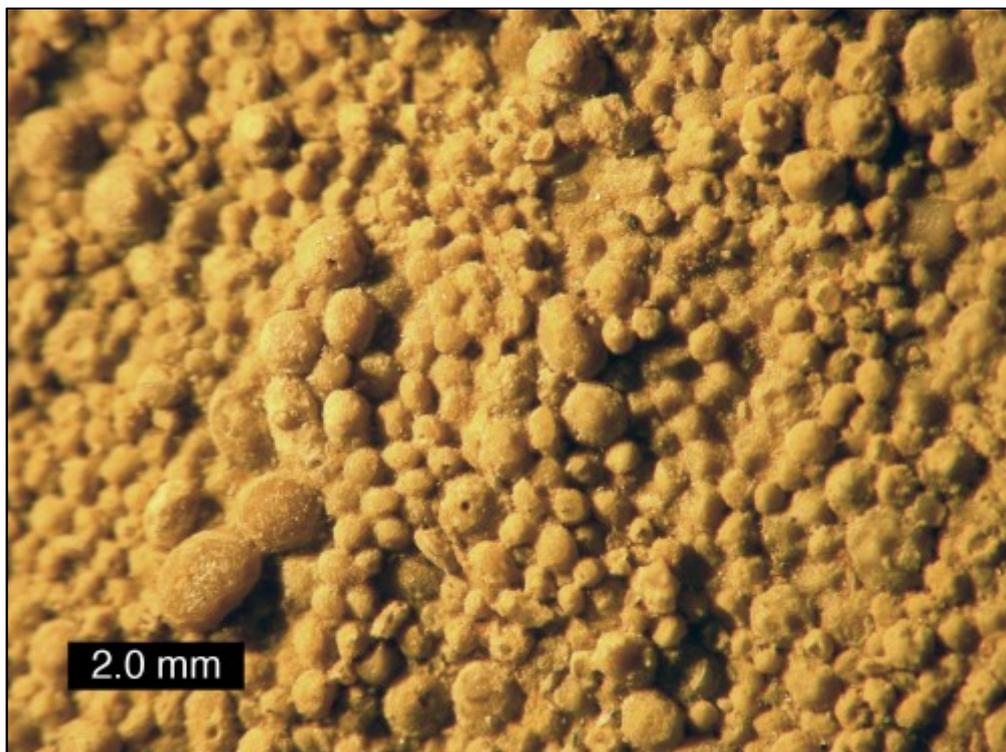


Abb. 3 Ooide. Bild: [Wikipedia](#), als gemeinfrei gekennzeichnet.

Ooide entstehen in zehn bis 50 Meter tiefem Wasser, wenn Sandkörnchen durch Wasserbewegung aufgewirbelt werden und sich die Eisenverbindungen im übersättigten Wasser Schicht für Schicht anlagern. Je stärker die Wasserbewegung, umso mehr Ooide enthält die Sedimentschicht und umso größer sind sie. Irgendwann sind die Kügelchen zu

schwer, sinken zu Boden und werden früher oder später von Sediment bedeckt (ELLENBERG 2000). Wer – dies als kleiner Exkurs – jetzt an die *Martian Blueberries* (Abb. 4) denkt, kleine Kügelchen aus Hämatit (Eisenoxid), die von den NASA-Rovern *Spirit* und *Opportunity* auf dem Mars gefunden wurden, liegt richtig. Der Entstehungsmechanismus ist möglicherweise der Gleiche und liefert begründeten Anlass für die Vermutung, dass der Mars früher von Meeren bedeckt war.

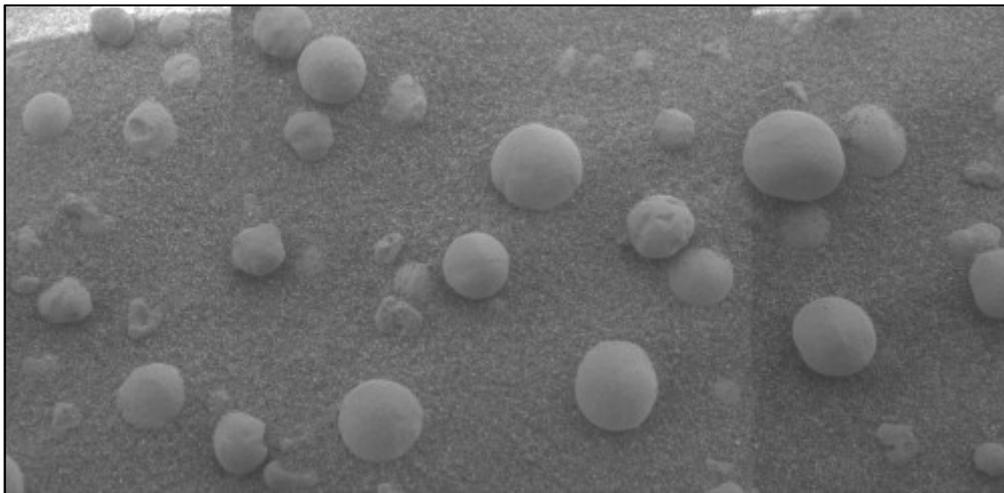


Abb. 4 Die marsianischen *Blueberries*. Bild: [Wikimedia](#), als gemeinfrei gekennzeichnet.

Je tiefer der Wasserstand fällt, umso stärker wird der Meeresgrund von Wellen aufgewühlt. Dies führt dazu, dass sich die Ooide in Vertiefungen im Meeresgrund, sogenannten *Splashcups*, ansammeln. Ob der Meeresspiegel so weit sinkt, dass bei seinem Tiefstand auch die Schmiedefeld-Region über Wasser liegt, ist nicht geklärt. In den Ablageungsschichten gibt es zwar keine Hinweise auf subaeriale, also auf dem Land stattfindende erosive Prozesse wie Verwitterung (ELLENBERG 2000). Aber bei der Dimension des Meeresspiegel-Rückgangs ist das vermutlich nicht ganz auszuschließen. Auch könnte der Wiederanstieg des Meeresspiegels bei Ende der Eiszeit solche Verwitterungsspuren beseitigt haben. Dieser Wiederanstieg lässt quasi auch die vorangegangene Sedimentationsfolge (bis hin zur Phosphorit-Ausfällung bei Beginn der Eiszeit) rückwärts ablaufen.

Wie lange brauchte die Schmiedefeld-Formation für die Bildung?

Wie schon erwähnt wird die Schmiedefeld-Formation jeweils von einer mächtigen Schicht aus Tonschiefer unter- und überlagert. Deren Sedimente wurden in tieferem Wasser abgelagert, also zu den Höchstständen des Meeresspiegels bei Beginn und

Ende der Eiszeit. Folglich ist die Bildung der Eisenerzschichten untrennbar mit dem Fallen (und anschließendem Wiederanstieg) des Meeresspiegels während der Silur-Ordovizischen Vereisung verbunden.

Die Frage lautet also, wie lang diese Eiszeit tatsächlich anhielt bzw. wie lang der Zyklus aus Abfallen und Wiederanstieg des Meeresspiegels dauerte. Bilal HAQ und Stephen SCHUTTER kommen in ihrer Untersuchung zu dem Ergebnis, dass der Höchststand vor 455 Millionen Jahren vorlag. Dies war also etwa zu Anfang des Katiums (einer Teilepoche des Ordoviziums). Anschließend fand ein erst langsamer, ab der Mitte des Katiums vor 449 Millionen Jahren sich stetig beschleunigender Rückgang statt. Den Tiefststand erreichte der Meeresspiegel vor 443 Millionen Jahren, also genau an der Grenze zwischen Ordovizium und Silur. Anschließend stieg der Meeresspiegel wieder langsam an.

Der Wiederanstieg des Meeresspiegels war vor 432 Millionen Jahren weitgehend abgeschlossen, wobei die Höchststände des Ordoviziums nicht mehr erreicht wurden (HAQ & SCHUTTER 2008). Somit beträgt die Dauer des gesamten Zyklus gute 20 Millionen Jahre. Indes ist der Zeitraum, in dem die eisenerzführenden Schichten abgelagert wurden, wahrscheinlich deutlich geringer anzusetzen. Der Grund ist, dass erst eine gewisse Wassertiefe unterschritten werden musste, bevor sich die Ooide bilden konnten. Man liegt vermutlich nicht komplett daneben, wenn man eine Bildungsdauer für die Schmiedefeld-Formation von 10–15 Millionen Jahren annimmt.

Schon 1967 ist von KNÜPFER der Versuch unternommen worden, mit Hilfe der biostratigraphischen Datierung über [Conodonten](#) (Abb. 5) das Alter und die Bildungsdauer der Schmiedefeld-Formation zu ermitteln (KNÜPFER 1967).

Er kam auf einen Zeitraum von 30 Millionen Jahren, was nicht besonders gut mit dem Zyklus von Rückgang und Wiederanstieg des Meeresspiegels korrespondiert. Allerdings ist die Datierung über Leitfossilien im Paläozoikum stets mit einer Unsicherheit behaftet, worauf HAQ & SCHUTTER hinwiesen:

“For the Paleozoic, biochronostratigraphy is traditionally based on several groups of commonly occurring fossils, the majority of which tend to be endemic and/or facies-controlled. This underscores the need to use multiple overlapping criteria (biozonal assignments based on several groups) where possible, to enhance the chronostratigraphic signal-to-noise ratio” (HAQ & SCHUTTER 2008).

Auch der Thüringer Geologe Jürgen ELLENBERG ist der Auffassung, dass der von KNÜPFER ermittelte Zeitraum zu lang erscheint. Jedoch leitete er dies aus der Mächtigkeit der

Schicht in Kombination mit der Sedimentationsrate ab und nicht anhand der Meeresspiegel-Stände. Das Papier von HAQ und SCHUTTER wurde erst acht Jahre später veröffentlicht. Niedrige Sedimentationsraten bei Eisenerzen liegen bei 2–6 Metern pro Million Jahre, hohe bei 30–33 Metern (BEKKER et al. 2014). Das heißt, bei 40 Metern maximaler Mächtigkeit der Schmiedefeld-Formation müsste die Sedimentationsrate dauerhaft am unteren Ende der Skala gelegen haben.

Bei seiner Untersuchung konnte ELLENBERG keine Schichtlücke feststellen, also eine früher vorhandene, aber durch geologische Prozesse nun fehlende Schicht. Er sah aber eine mögliche Erklärung in einer sehr geringen Sedimentationsrate bei den Phosphorit- und Kalkschichten, die unter und über den Eisenerzschichten liegen (ELLENBERG 2000).

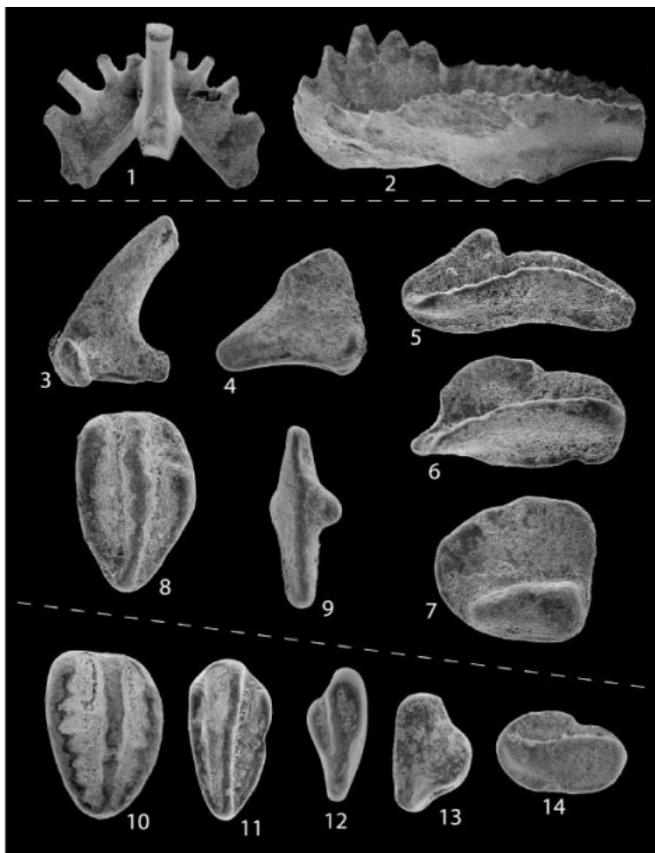


Abb. 5 Conodonten. Bild: [Wikipedia](#), als gemeinfrei gekennzeichnet.

2002 reduzierte die Deutsche Stratigraphische Kommission den von KNÜPFER genannten Zeithorizont auf 20 Millionen Jahre (MENNING & DSK 2002). Eine Neubewertung aufgrund der Erkenntnisse von HAQ und SCHUTTER über die Meeresspiegeländerungen erfolgte bislang anscheinend jedoch nicht.

Entstand die Schmiedefeld-Formation in wenigen hundert Jahren?

Wie beschrieben, gibt es deutliche Diskrepanzen bei den verschiedenen Belegen, die für die Datierung der Schmiedefeld-Formation herangezogen wurden. Das ist jedoch bei geologischen Formationen, die tief im Paläozoikum entstanden sind, nichts Ungewöhnliches. Das Zusammentragen von Daten über eine Zeit, die 450 Millionen Jahre zurückliegt, bedeutet mühsame Kleinarbeit. Die meisten geologischen Schichten aus dem Ordovizium sind längst in den Subduktionszonen der Erde verschwunden. Daher müssen sämtliche Informationen, die nicht aus der Gesteinsformation selbst abgelesen werden können, aus vergleichsweise wenigen anderen Lagerstätten gewonnen werden, die noch existieren. Dennoch dürfte kaum ein ernsthafter Geologe den Bildungszeitraum der Formation auf weniger als ein paar Millionen Jahre schätzen.

Nicht jedoch Manfred STEPHAN, Mitarbeiter der kreationistischen Studiengemeinschaft WORT UND WISSEN e. V. – und anscheinend studierter Geologe. Aus den vorliegenden Diskrepanzen zieht er den atemberaubenden Schluss, dass weder die von KNÜPFER ermittelten 30 Millionen Jahre noch die von der Deutschen Stratigraphischen Kommission angesetzten 20 Millionen Jahre oder sonst ein Zeitraum im Bereich von mehreren Millionen Jahren reell sein könne. Stattdessen sei die gesamte Formation *in wenigen Jahrhunderten* (!) entstanden. Seine Begründungen muten zumindest originell an.

Auf die der Eisenerzschicht unterliegende Phosphoritlage bezogen, deren Mächtigkeit allerdings nur wenige Zentimeter beträgt, schrieb er etwa, auf den Bahama Banks gäbe es heute Algenmatten, die ein Wachstum von einem Millimeter pro Tag aufweisen würden. Somit sei eine vielfach schnellere Ablagerung als vom „Langzeit-Paradigma“ der Geologie propagiert möglich. Auch seien vor der kalifornischen Küste Eisen-/Manganknollen gefunden worden, die zehnbis hunderttausendmal schneller wüchsen als „allgemein für die Knollen der Tiefsee angenommen“.

Belege, dass dies auch bei der Schmiedefeld-Formation der Fall gewesen sei, hat er leider keine. Abgesehen davon lässt STEPHAN diskret unter den Tisch fallen, dass aus einem Millimeter Algenmattenschicht nicht ein Millimeter kompaktifizierte Gesteinsschicht wird. Insbesondere folgt aus einer hohen Wachstumsgeschwindigkeit nicht, dass auch der Nettozuwachs hoch ist. Mikrobielle Zersetzung und Abweidung wirken dem so stark entgegen, dass Algenmatten seit 700 Mio. Jahren kaum noch kalzifizieren (STAL 2012).

Konkreter möchte STEPHAN bezogen auf das Wachstum der Eisenerzschicht offenbar nicht werden. Vage merkt er noch an, dass die Ablagerung der Ooide „einem rasch abgesetzten Tiefsee-Trübestrom“ ähnelten. Darunter versteht man eine starke Strömung, die

u.a. von untermeerischen Hangrutschungen verursacht wird. Folglich führt sie sehr viel Sediment mit sich und kann in kurzer Zeit große Mengen davon ablagern. Als Beleg führt STEPHAN wiederum das Papier von ELLENBERG an. Er unterschlägt aber, dass ELLENBERG in einem Diagramm zur Analyse von Korngrößen zwar kurz die Ähnlichkeit mit einem Trübestrom-Muster erwähnt. Er merkt jedoch an, dass die Korngrößen um das Zehnfache höher lägen als bei einem echten Trübestrom.

Auf einen anderen wichtigen Punkt bei den von ihm behaupteten extrem hohen Sedimentationsraten geht STEPHAN ebenfalls nicht ein: Das sedimentierte Material muss von irgendwoher kommen. Würde in früheren Zeiten eine solch hohe Sedimentation flächendeckend vorgelegen haben, müsste das Material woanders in extrem hoher Rate abgetragen worden sein. Allgemeiner gesprochen: Der Kreislauf aus Gebirgsauffaltung, Erosion und Sedimentation müsste, wenn wir Zeithorizonte von Jahrmillionen auf einige Jahrtausende eindampfen wollten, zigtausend-fach schneller ablaufen. Ebenso müsste die Gebirgsauffaltungen verursachende Plattentektonik um den gleichen Faktor rascher ablaufen. STEPHAN erläutert nicht einen der Prozesse, die hierfür notwendig wären.

STEPHANS Resümee legt bloß, worauf er eigentlich mit seinem Papier zielte – auf die radiometrische Datierung. Hierfür wählt er einen hanebüchen zu nennenden Umweg: Die Schmiedefeld-Formation sei mittels Leitfossilien datiert worden, deren Alter andernorts mit der radiometrischen Datierung bestimmt wurde. Jedoch würde diese Datierung nicht zu dem von STEPHAN ohne jegliche Belege behaupteten Bildungszeitraum der Schmiedefeld-Formation von wenigen Jahrhunderten passen. **Daher, so STEPHAN, müsse die radiometrische Datierung als solche in Frage gestellt werden.** Dass die radiometrische Datierung bei der Altersbestimmung der Schmiedefeld-Formation überhaupt nicht zum Einsatz kam, stellt da nur das Sahnehäubchen dar.

Die wichtigste Begründung, warum die Schmiedefeld-Formation in nur wenigen Jahrhunderten entstanden sein muss, kann man STEPHANS Papier allerdings nicht entnehmen: weil die Erde nach seiner Vorstellung insgesamt nur maximal 10.000 Jahre alt sein kann und sich in solch einem Weltbild Gesteinsschichten, die ein paar Millionen Jahre für die Entstehung brauchen, schlecht ausnehmen. Er vermeidet es indes peinlichst genau, den religiösen Hintergrund seiner Behauptungen zu erwähnen.

In anderen Artikeln im Rahmen seiner Mitarbeit bei WORT UND WISSEN macht er indes keinen Hehl daraus. So schreibt er in einem Papier mit dem treffenden Titel „Einige Befunde aus verschiedenen Wissenschaften, die zu einer kürzeren Erdgeschichte passen oder den Aktualismus in Frage stellen“ wie folgt:

„Thesenartig werden Beispiele aus mehreren Wissenschaften aufgelistet, die sich nach jetzigem Forschungsstand teilweise einem Kurzzeitverständnis der Erd-, Lebens- und Menschheitsgeschichte nähern, **wie es die biblische Urgeschichte (Genesis 1-11) voraussetzt**“.³

Allein darum geht es STEPHAN. Nicht um wissenschaftliche Erkenntnis, sondern um ihre Diskreditierung. Und um das Ersetzen von Wissenschaft mit Pseudowissenschaft, die er aus seinem bevorzugten heiligen Buch ableitet.

Literatur

- BEKKER, A. et al. (2014) Iron formations: their origins and implications for ancient seawater chemistry. *Treatise on Geochemistry (2nd Ed)* 9, S. 561–628.
- ELLENBERG, J. (2000) Die Bildung oolithischer Eisenerze im Ordovizium. *Geowissenschaftliche Mitteilungen von Thüringen, Beiheft 9*, S. 57–82.
- HAQ, B. U. & SCHUTTER, S. R. (2008) A chronology of paleozoic sea-level changes. *Science* 322, S. 64–68.
- KNÜPFER, J. (1967) Zur Fauna und Biostratigraphie des Ordoviziums (Gräfenenthaler Schichten) in Thüringen. Deutscher Verlag für Grundstoffindustrie, Leipzig.
- KOZIK, N.; YOUNG, S.; NEWBY, S. et al. (2022) Rapid marine oxygen variability: driver of the Late Ordovician mass extinction. *Science Advances* 8: eabn8345.
- MENNING, M. & Deutsche Stratigraphische Kommission (2002) Stratigraphische Tabelle von Deutschland 2002. www.stratigraphie.de/std2002/download/STD2002_large.pdf.
- STAL, L.J. (2012) Cyanobacterial mats and stromatolites. In: WHITTON, B. (Eds.) *Ecology of Cyanobacteria II* (pp. 65–125). Springer, Dordrecht.
- STEPHAN, M. (2008) Rätselhaft: Das Fehlen von 20 Millionen Jahren. Die ausgeweglosen Widersprüche der Schmiedefeld-Formation. *Studium Integrale Journal* 15, S. 59–68. www.si-journal.de/index2.php?artikel=jg15/heft2/sij152-1.html.



© AG Evolutionsbiologie. 06.08.2020. Aktualisiert am 21.10.2024.

³ www.wort-und-wissen.de/disk/d08/4/d08-4.pdf