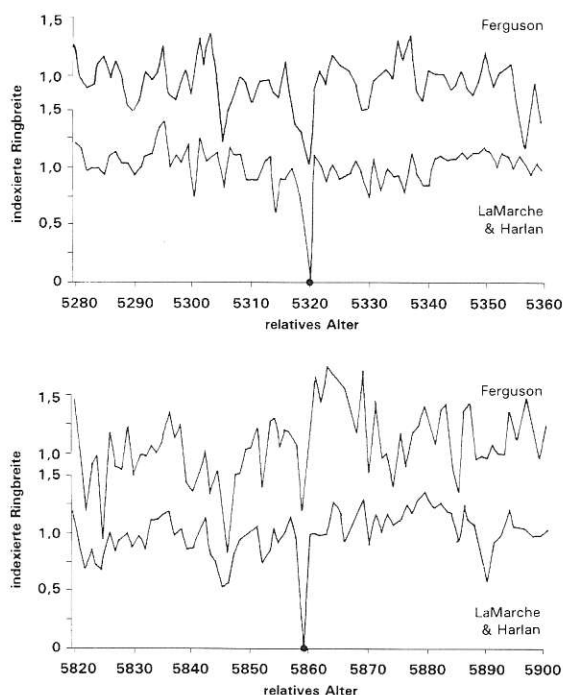


Abb. 32: Vergleich von Ausschnitten der Standardchronologien nach FERGUSON und nach LAMARCHE & HARLAN. Die nachträglich eingefügten Ringe (dicke Punkte) weisen eine Ringbreite von null auf. (Nach LAMARCHE & HARLAN 1973)



Literatur

- BAILLIE MGL (1982) Tree-Ring Dating and Archaeology. London – Canberra.
- BAILLIE MGL (1990/1991) Dendrochronology and Thera: The scientific case. *J. Anc. Chron. Forum* 4, 15-28.
- BAILLIE MGL (1995) A Slice Through Time. Dendrochronology and Precision Dating. London.
- BAILLIE MGL & PILCHER JR (1973) A simple cross-dating program for tree ring research. *Tree Ring Bulletin* 38, 35-43.
- BARBETH M, BIRD T, DOLEZAL G, TAYLOR G, FRANCEY R, COOK E & PETERSON M (1992) Radiocarbon variations from Tasmanian conifers: First results from late Pleistocene and Holocene logs. *Radiocarbon* 34, 806-817.
- BECKER B (1992) The history of dendrochronology and radiocarbon calibration. In: TAYLOR RE, LONG A & KRA RS (eds) Radiocarbon After Four Decades. An Interdisciplinary Perspective. New York, pp 34-49.
- BENDER F (Hg, 1985) Angewandte Geowissenschaften. Bd. II: Methoden der Angewandten Geophysik und mathematische Verfahren in den Geowissenschaften. Stuttgart.
- DAMON PE (1987) The history of the calibration of radiocarbon dates by dendrochronology. In: AURENCHÉ O, EVIN J & HOURS F (eds) Chronologies in the Near East, BAR International Series.
- DAMON PE, LERMAN JC & LONG A (1978) Temporal fluctuations of atmospheric ^{14}C , causal factors and implications. *Ann. Rev. Earth Planet. Sci.* 6, 457-494.
- DAMON PE, LONG A & GREY DC (1966) Fluctuation of atmospheric C-14 during the last six millennia. *J. Geophys. Res.* 71, 1055-1063.
- DE JONG AFM, MOOK WG & BECKER B (1979) Confirmation of the Suess wiggles 3200-3800 BC. *Nature* 280, 48-49.
- DE VRIES H (1959) Measurement and use of natural radiocarbon. In: ABELSON PH (ed) Researches in Geochemistry. New York, pp 169-189.
- FERGUSON CW (1968) Bristlecone pine: Science and esthetics. *Science* 159, 839-846.
- FERGUSON CW (1969) A 7104-year annual tree-ring chronology for bristlecone pine, *Pinus aristata*, from the white mountains, California. *Tree-Ring Bulletin* 29, 2-29.
- FERGUSON CW (1970) Concepts and techniques of dendrochronology. In: BERGER R (ed) Scientific Methods in Medieval Archaeology, Berkeley.
- FERGUSON CW & GRAYBILL DA (1983) Dendrochronology of Bristlecone pine: A progress report. *Radiocarbon* 25, 287-288.
- FERGUSON CW, HUBER B & SUESS HE (1966) Determination of the age of Swiss lake dwellings. *Z. f. Naturforschung* 21a, 1173-1177.
- FRITTS HC (1966) Growth-rings of trees: Their correlation with climate. *Science* 154, 973-979.
- GLOCK WS, STUDHALTER RA & AGERTER SR (1960) Classification and multiplicity of growth layers in the branches of trees at the extreme lower forest border. Smithsonian Miscellaneous Collections, Vol. 140, Nr. 1.
- JANSEN HS (1970) Secular variations of radiocarbon in New Zealand and Australian trees. In: OLSSON I (ed) Radiocarbon Dating and Absolute Chronology, 12th Nobel Symposium, New York, pp 261-274.
- KLEIN P & ECKSTEIN D (1988) Die Dendrochronologie und ihre Anwendung. *Spektr. Wiss.*, Jan. 1988, 56-68.
- KLEIN J, LERMAN JC, DAMON PE & RALPH EK (1982) Calibration of radiocarbon dates: Tables based on the consensus data of the workshop on calibrating the radiocarbon time scale. *Radiocarbon* 24, 103-150.
- KROMER B, AMBERS J, BAILLIE MGL, DAMON P, HESSHAIMER V, HOFMAN J, JÖRIS O, LEVIN I, MANNING SW, MCCORMAC FG, VAN DER PLICHT J, SPURK M, STUVIER M & WENINGER B (1996) Report: Summary of the workshop „Aspects of high-precision radiocarbon calibration“. *Radiocarbon* 38, 607-610.
- LAMARCHE VC Jr. (1974) Paleoclimatic inferences from long tree-ring records. *Science* 183, 1043-1048.
- LAMARCHE VC Jr. & HARLAN TP (1973) Accuracy of tree ring dating of Bristlecone pine for calibration of the radiocarbon time scale. *J. Geophys. Res.* 78, 8849-8858.
- LERMAN JC, MOOK WG & VOGEL JC (1970) C 14 in tree rings from different localities. In: OLSSON I (ed) Radiocarbon Dating and Absolute Chronology, 12th Nobel Symposium, New York, pp 275-299.
- LIBBY WF (1955) Radiocarbon Dating. Chicago, 2. Aufl.
- LINICK TW, LONG A, DAMON PE & FERGUSON CW (1986) High precision radiocarbon dating of Bristlecone pine from 6554 to 5350 BC. *Radiocarbon* 28, 943-953.
- McKERRILL H (1975) Correction procedures for C-14 dates. In: WATKINS T (ed) Radiocarbon, Calibration and Prehistory, Edinburgh, pp 47-100.
- MUNRO MA (1984) An improved algorithm for crossdating tree-ring series. *Tree Ring Bulletin* 44, 17-27.
- NEWGROSH B (1991/92) Living with radiocarbon dates. A response to Mike Baillie. *J. Anc. Chron. Forum* 5, 59-67.
- PEARSON GW (1986) Precise calendrical dating of known growth-period samples using a 'curve fitting' technique. *Radiocarbon* 28, 292-299.
- PEARSON GW, PILCHER JR, BAILLIE MGL & HILLAM J (1977) Absolute radiocarbon dating using a low altitude European tree-ring calibration. *Nature* 270, 25-28.
- PILCHER JR, HILLAM J, BAILLIE GL & PEARSON G (1977) A long sub-fossil oak ring chronology from the north of Ireland. *New Phytologist* 79, 713-729.
- RALPH EK & MICHAEL HN (1967) Problems of the radiocarbon calendar. *Archaeometry* 10, 4-11.
- RALPH EK & MICHAEL HN (1973) Twenty-five years radiocarbon dating. *American Scientist*, 62, 553-560.
- RAINEY F & RALPH EK (1966) Archaeology and its new technology. *Science* 153, 1481-1491.
- SCHULMAN E (1958) Bristlecone pine, oldest known living think. *National Geographic Magazine* 123, 355-392.
- SCHWEINGRUBER FH (1983) Der Jahrring: Standort, Methodik, Zeit und Klima in der Dendrochronologie. Bern.
- STOKES MA & SMILEY TL (1968) An Introduction to Tree-Ring Dating. Chicago.
- STUVIER M & REIMER PJ (1993) Extended ^{14}C data base and revised CALIB 3.0 ^{14}C age calibration program. *Radiocarbon*

carbon 35, 215-230.

STUVIER M & SUESS HE (1966) On the relationship between radiocarbon dates and true sample ages. *Radiocarbon* 8, 534-540.

SUESS HE (1955) Radiocarbon concentration in modern wood. *Science* 122, 415-417.

SUESS HE (1965) Secular variation of the cosmic-ray-produced Carbon-14 in the atmosphere and their interpretations. *J. Geophys. Res.* 70, 5937-5952.

SUESS HE (1967) Bristlecone pine calibration of the radiocarbon time scale from 4100 B.C. to 1500 B.C. In: *Radioactive Dating and Methods of Low-Level-Counting*, IAEA Wien, 143-151.

WIGLEY TML, JONES PD & BRIFFA KR (1987) Cross-dating methods in dendrochronology. *J. Archaeol. Sci.* 14, 51-64.

YAMAGUSHI DK (1986) Interpretation of cross correlation between tree ring series. *Tree Ring Bulletin* 46, 47-54.

Meteoriteneinschlag und Sedimentbildung

Zur Diskussion tertiärer Molasse-Transporte und -ablagerungen nach dem Ries-Impakt

Manfred Stephan, Lerchenweg 26, 71394 Kernen

Zusammenfassung: Die Folgen des Meteoriteneinschlags zwischen Schwäbischer und Fränkischer Alb (Nördlinger Ries; Tertiär, Obermiozän) werden nach E. RUTTE und E. BUCHNER dargestellt. Als langfristige Folge des Ries-Ereignisses wurden gemäß der Hypothese von RUTTE der Schwarzwald und die Schwäbische Alb großzügig herausgehoben. Weiter traten, hervorgerufen durch den Impakt, ungeheure Regenwasserfluten auf, die u.a. Sedimente aus nordöstlicher und südlicher Richtung in die Graupensandrinne (Brackwassermolasse) transportierten und deren oberste Lagen umschichteten. Möglicherweise wurde auch die darauffolgende Abtragung des mesozoischen Schwarzwald-Deckgebirges und sein Transport nach Süden und Südosten in Form der enormen Juranagelfluh-Geröllmassen in die Nordschweiz (evtl. auch in den Hegau) sowie der großkalibrigen Wanderblöcke (ebenfalls bis in die Nordschweiz) durch den katastrophalen Regen nach dem Meteoriteneinschlag initiiert. Dafür sprechen die sekundären *Verkieselungen* eines Teils der Geröllleinheiten, die von RUTTE auf das Ries-Ereignis zurückgeführt werden. Abweichend von diesen Hypothesen nimmt neuerdings BUCHNER an, daß der ganze untere Teil der Graupensandrinne durch umgelagerte, zuvor vom Riesimpaktor ausgeworfene und anschließend in der Rinne nach Südwesten verfrachtete und ebenfalls fast völlig *verkieselte* Sedimente aufgefüllt wurde (wobei er keine postimpaktischen Regenwasserfluten erwähnt). Diese Ablagerungen weisen das gesamte Inventar der durch den Einschlag bewirkten Stoßwellenmetamorphose auf. BUCHNER schlägt sogar eine von der herkömmlichen Sicht abweichende stratigraphische Einstufung der Brackwassermolasse vor.

Die Hypothesen RUTTES und BUCHNERS werden diskutiert, wobei die Frage nach der *Dauer* der geschilderten Ereignisse in Bezug zu sedimentologischen Befunden, zur Biostratigraphie sowie der Bildung neuer Arten gesetzt und problematisiert wird. Eine mögliche Beziehung der Hypothesen zum „neuen Katastrophismus“ sowie ihre Bedeutung für künftige Forschungen werden abschließend erörtert.

Einführung

E. RUTTE, emeritierter Würzburger Geologe und Paläontologe, hat sich seit Beginn seiner wissenschaftlichen Laufbahn besonders mit der tertiären Vorgeschichte und quartären Geschichte süddeutscher Flüsse beschäftigt¹. Dazu gehören auch die Folgen des Ries-Meteoriteneinschlags, allein schon wenn man bedenkt, daß bereits durch den Auswurf der Trümmermassen in die Umgebung des Einschlagareals zwischen Schwäbischer und Fränkischer Alb das Relief der Landschaft eingeebnet wurde, so daß die vorhandenen Abflüsse sich anders orientieren mußten (vgl. z.B. SIMON 1988, 244-247). Jedoch unterscheidet sich die Arbeitsweise RUTTES insofern von der sonstigen, als er (und ansatzweise auch SAIER und BUCHNER; s.u.) enorme zusätzliche Bildungsbeziehungen herstellt zwischen dem Riesereignis auf der einen Seite sowie überregionaler Tektonik und großräumigen Erosions- und Sedimentationsprozessen auf der anderen Seite. In diesem Beitrag können nicht alle geologischen und mineralogischen Aspekte erörtert werden, aber es sollen die (z.T. hypothetischen) Vorgänge herausgestellt werden, die mehr oder

weniger katastrophisch anmuten und sich an das Riesereignis zeitlich anschließen bzw. sich davon ableiten lassen. Natürlich war die Aussprengung des Rieskraters von 25 km Durchmesser, wahrscheinlich durch den Einschlag eines etwa 1 km großen Steinmeteoriten vor 14,7 – 15 Millionen *radiometrischen* Jahren (im tiefen Obermiozän) mit einer Energiefreisetzung entsprechend ca. 300.000 Hiroshima-Atombomben, eine ungleich größere Katastrophe als alles, was sich daran anschloß (CHAO et al. 1983; REIFF 1988; HÜTTNER 1990; TOLLMANN & TOLLMANN 1993, 289-294, 518-520; BUCHNER 1998, 401). Um in diesem sensiblen Umfeld die Positionen RUTTES möglichst objektiv darzustellen, werden im ersten Teil zahlreiche, auch längere Zitate vor allem aus seinen Publikationen angeführt und eigene Erwägungen möglichst deutlich davon abgehoben. Im zweiten Teil werden dann die Hypothesen RUTTES und BUCHNERS diskutiert.

Das Ries-Ereignis – Auslöser überregionaler Tektonik sowie großräumiger Erosions-, Sedimentations- und Verkieselungsprozesse?

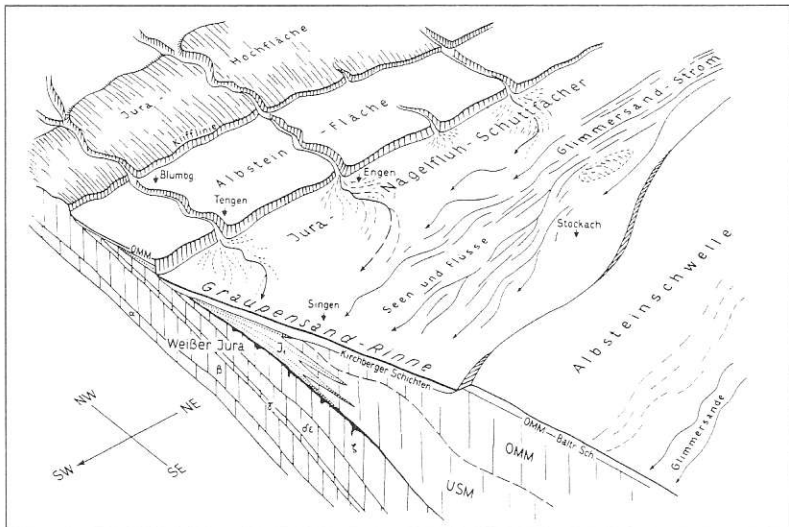
Nach RUTTE (1987, 25) werden in der Südlichen Frankenalb „recht häufig Massenkalk, Kelheimer Kalk, selbst der Lithographische Schiefer, ferner Kreide- und Molassesandsteine *vollkommen verkieselt* angetroffen. Er spricht von „Imprägnationen durch Kieselsäureregen“ sowie von der ‘in-situ-

Verkieselung’ – ohne die Art und Weise der Zufuhr deuten zu können“, und fragt: „Ist die Kieselsubstanz geschmolzener Steinmeteorit? Oder ist sie in der Kontaktnahme des noch frischen Auswurfmaterials mit dem Gestein der Landoberfläche angesammelt worden?“² (Hervorhebungen – auch im folgenden – nicht im Original)

RUTTE (1987, 27) schreibt unter der Überschrift „Die weiter reichenden Effekte“: „Dem Riesereignis verdanken wir eine bis in die Gegenwart reichende Veränderung der Lagerungsverhältnisse Süddeutschlands: *Schwäbische Alb samt Schwarzwald beginnen großzügig zu steigen*, während östlich vom Ries das Areal der Astrobleme, also Südliche Frankenalb und Bayerischer Wald, gleichsam stehenbleibt. Auffallend ist, daß dort die Nivellierungsfläche auf über 200 Kilometern die gleiche Höhe einhält – bis heute.“

Die Jahre nach dem Riesereignis werden so geschildert: „Alles Leben ist erloschen. Auf die oft mehrere hundert Meter hohe, noch heiße Masse aus steinigem Staub oder Glasasche *stürzen die auf solche Ereignisse zwangsläufig folgenden Regenwasserfluten*“. „Von der offenbar nicht nennenswert auswurfüberstauten Schwäbischen Alb, vom Hesselberg und Gelben Berg stürzen ungeheure Regenwasserfluten ungehemmt in Richtung Süden, hinein in das Tiefland der ehemaligen Helvetischen Straße. Hier stoßen sie mit den vom Albsteinareal heranbrausenden Wassern zusammen, können aber weder nach Westen – wo sich *die Schwarzwaldregion gehoben hatte* – noch nach Osten – wo die Berge des Riesauswurfs eine unüberwindliche Sperre bilden – entwässern. Zwangsläufig toben sich die Energien im obersten Gestein, den Kirchberger Schichten, aus. Abgesehen von den von der Oberen Süßwassermolasse bedeckten Distrikten werden Kies, Sand und Ton immer wieder, Schwall auf Schwall, aufgerissen, gemischt, sortiert, Unteres nach oben gebracht; die helvetischen Meeresminerale, die Muscheln und Haifischzähne werden umgelagert und neu gebettet. Zugleich *gelangen Alemonite bis in den Hegau* (umgelagerte *Kieselknollen* und *andere verkieselte Gesteine* bei der Autobahnzufahrt Engen). Ein breiter Streifen des nördlichen Albsteinareals fällt der Erosion zum Opfer“ (ebd., 28; vgl. Blockbild 1).³

Zu den durch die Regenwasserfluten bewirkten Umlagerungen im Areal der bereits vor dem Riesereignis primär eingebetteten Langenauer Fossilien (nordöstlich Ulm) heißt es weiter bei RUTTE (1987, 28f.): „Die schönsten Beweise für das Wirken der Fluten erhalten wir über die neue Fundstätte Langenau, und zwar über die Art der Einlagerung der Skelettelemente der vielen großen und kleinen Tiere, vor allem der Dinotherien“ (Abb. 6); dazu zitiert er HEIZMANN (1984, 37): „Im Bereich des Geländeeinschnittes, in dem die Fundstelle lag, wurden auch bis kubikmetergroße Jurakalkblöcke gefunden, die auf eine zeitweilig erhebliche Trans-



Blockbild 1: Dargestellt ist die aus dem Albstein herausmodellerte Graupensandrinne (= Helvetische Meeresstraße), der Transport des Glimmersandstroms (Ob. Süßwassermolasse) nach Südwesten und die in Jurahochfläche (Malm) und nordwestlichen Albstein eingetieften Rinnen mit der beginnenden Juranagelfluh-Schüttung Anfang Torton (vgl. Tab. 2). Zuvor wurde nach RUTTE durch die vom Riesereignis ausgelösten Regenwasserfluten von Nordosten und Süden her Material in die Graupensandrinne transportiert, die obersten Kirchberger Schichten umgeschichtet und ein Teil des nördlichen Albsteins erodiert. Im Liegenden die Ob. Meeresmolasse (OMM) und die Unt. Süßwassermolasse (USM) mit der Älteren Juranagelfluh (J 1), die ihrerseits dem schräg abgesunkenen Kalkstein des Oberen (oder Weißen) Jura (Malm) aufliegt, dessen Schichtglieder mit griechischen Buchstaben (sog. Quenstedt-Alphabet) bezeichnet sind. (Aus SCHREINER 1992a)

portenergie des hier fließenden Gewässers schließen lassen“, und folgert: „So erklären sich auch zwanglos die zwischen den Landsäugerknochen verteilten brackischen Muscheln und die Heringsfische: sie sind von den gleichen Wogen aus den Kirchberger Schichten aufgearbeitet“ (vgl. RUTTE 1987, 20f.; BUCHNER 1998, 452f.; BÖTTCHER 1987, 4-6).

„Über die vom Albsteinareal kommenden Wassermassen und deren enorme Erosionskraft“ führt RUTTE (1987, 29) eine eigene Beobachtung aus der Kartierung der Molasse bei Owingen (nahe Überlingen) an: „Dort lagert auf geflammten Letten der Sandschiefer ein kleines Vorkommen des Mischhorizontes der erweiterten Graupensandrinne. Das lokale Auftreten von Geröllen des Mischgeröllhorizontes etwa einen Kilometer innerhalb des Albsteinareals kann nur durch die Annahme einer von Norden nach Süden fjordartig vorstoßenden, sehr schmalen, einen Schottertransport gestattenden 15 Meter tiefen Schlucht erklärt werden.“

Die Sedimentdecke des Schwarzwaldes wird abgeschält. RUTTE (1987, 35) begründet seine Sicht, die Rieskatastrophe habe überregionale tektonische Auswirkungen gehabt, so: „Daß der Schwarzwald wie auch die Schwäbische Alb im Riesereignis gehoben waren, ist an der unmittelbar darauf einsetzenden, mehr oder weniger intensiven Abtragung in Richtung zum südlich gelegenen Molassebecken zu erkennen. Demgegenüber verhalten sich die Vogesen durchaus unauffällig. Es sedimentieren nun die Wanderblockformation des Basler Jura und, zwischen Basel und Schwäbischer Alb, die Juranagelfluh“ (Blockbild 2).

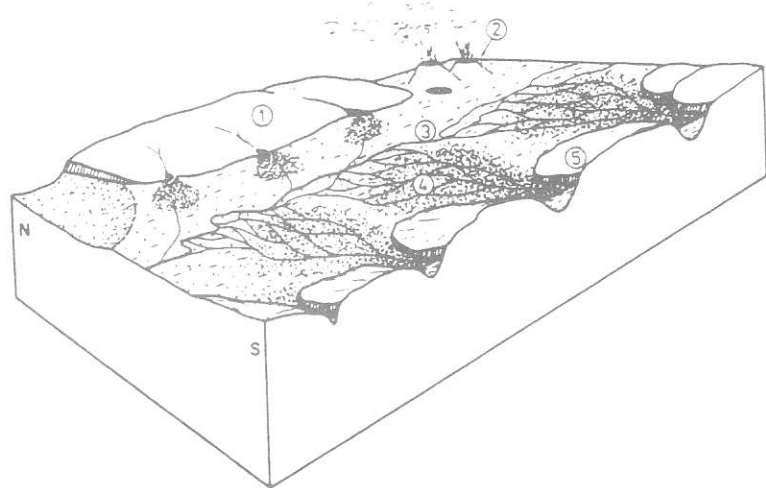
„Zumindest für die Nordschweiz ist nicht auszuschließen, daß der Transport beider in vielfacher Hinsicht doch recht eigenartigen Gerölleinheiten vom katastrophalen Regen nach dem Riesereignis initiiert wurde. Die Komponenten sind gewöhnlich groß, wenn nicht gar riesig, und sie liegen in auffälliger Menge weit vom Herkunftsort entfernt. Zudem sind die bis kubikmetergroßen Wanderblöcke in der Regel Verkiesseltes; und das beobachtet man auch immer wieder in der Juranagelfluh“ (RUTTE 1987, 35).

Die Wanderblöcke und auch wenig Juranagelfluh werden später, Ende Altplozän, von der Faltung des Schweizer Jura ergriffen „und in Mulde oder Scheitel in Höhen zwischen 400 bis 1150 Metern“ gehoben (ebd., 53). Daher findet man sie heute über die Berge und Täler der Juraketten südlich von Basel verteilt. „Die größten Blöcke erreichen einen Meter Durchmesser; die Masse ist immerhin kopf- bis doppelkopf groß. Bei 80 Prozent der Komponenten handelt es sich um sekundär verkiesselten Buntsandstein. Er ist auffällig gut abgerollt und gewöhnlich umgeben ihn Eisenrinden. Die anderen Gerölle bestehen im wesentlichen aus – stets verkiesselten – Materialien, die nur aus Norden, dem Südende des Rheintalgrabens, aus den Din-

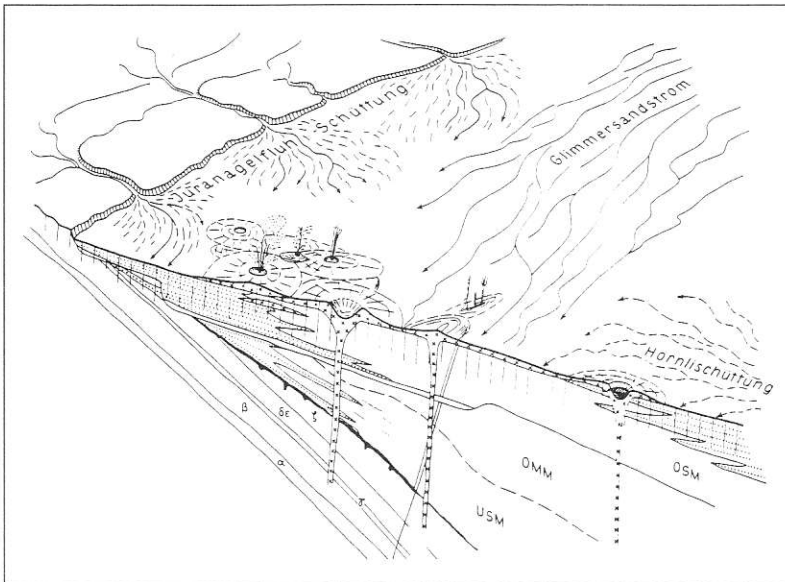
kelbergen und aus dem Schwarzwald, der seinerzeit noch mit Trias bedeckt war, gekommen sein können: Muschelkalk, Lias, oligozäne Süßwasserkalke, auch Doggeroolith. Der Transport vom Anstehenden zum gegenwärtigen Lager muß über eine Distanz von mindestens 20 Kilometern unter Entfaltung allergrößter fluviatiler Kräfte stattgefunden haben“ (ebd., 36).

„Auch die Juranagelfluh zeigt die Abschälung der damals noch vorhandenen Sedimentdecke auf dem Kristallin des Schwarzwaldes an (...). In der Schweiz können wir die Juranagelfluh als eine paläogeographisch bedingte Vertretung der Wanderblöcke betrachten. Im Laufenbecken verzahnen sich die beiden Schüttungen. Sie sind also gleichzeitig gebildet worden. Südlich Basel besteht die Juranagelfluh aus 50 Prozent Dogger, je rund 20 Prozent Muschelkalk bzw. Malmkalk, der Rest ist Buntsandstein, Süßwasserkalk und Kristallin. Die Komponenten – viele davon sind verkiesselt – können einen Durchmesser von 50 Zentimetern erreichen. Die Rundung ist bei Buntsandstein vollkommen, sonst ungleichmäßig, oft nur angedeutet. Die Verfestigung wechselt von Ort zu Ort; teils sind die Komponenten zu Nagelfluh verbacken, teils sind sie locker einem alles in allem recht geringen Bindemittel eingestreut. Die sedimentologischen Eigenheiten und die Unterschiede zu den Wanderblöcken erklären sich in erster Linie aus der Tatsache, daß die Juranagelfluhvorkommen von der Jura-faltung weniger ergriffen worden sind“ (ebd., 36).

Zwischen den Gerölltransport-Stromsystemen gab es auch vergleichsweise ruhige Bezirke wie die Süßwassermergel und -kalke von Anwil als reichhaltigste Fossilfundstätte des Schweizer Miozäns (ebd.).



Blockbild 2: Schüttung der Juranagelfluh-Fächer, nach RUTTE möglicherweise durch vom Riesereignis initiierte Regenwasserfluten transportiert, vom Schwarzwald (1) in das Glimmersand-Stromsystem (3) der Ob. Süßwassermolasse zur Zeit des Hegau-Vulkanismus (2). Noch gewaltigere Nagelfluh-Kegel (4) wie Napf- und Hörnli-Schuttfächer bauen sich vom Alpenrand (5) in das Molassebecken vor. (Aus MÜLLER et al. 1984)



Blockbild 3: Im Sarmat (Tab. 2) ist die Graupensandrinne durch die Ob. Süßwassermolasse (OSM), bestehend aus Glimmersandstrom, den Nagelfluhfächern von den Alpen her (wie der Hörnischüttung) und den sich weiter aufbauenden Juranagelfluh-Schuttkegeln zugeeckt; seitlich verzahnen sich die Sedimente mit den zeitgleich geförderten Tuffdecken der Hegau-Vulkaneruptionen. (Aus SCHREINER 1992a)

Ein letztes Zitat zur Juranagelfluh (vgl. Abb. 3 und 4): „Im Hegau stürzen aus canonartigen Rinnen Geröll- und Schlammströme heraus in die Senke der Oberen Süßwassermolasse und verdrängen in oft gewaltigen Kegeln die Glimmersande. Die Juranagelfluh besteht hier weniger aus Geröllen als hauptsächlich aus kalkigem, sandigem, gelbbraunem Mergel, hervorgegangen aus den aufgearbeiteten weicheren Schichtserien des Deckgebirges auf der Ostabdachung des Schwarzwaldes. Auch auf der Schwäbischen Alb ist die Juranagelfluh ein Verband schlecht sortierter, meist grober Malmkalkgerölle in einer oft dominierenden Matrix kalkreicher gelbbrauner Mergel. In der Westalb sind die Verbände gelegentlich in zusammenhängenden Decken erhalten; ansonsten handelt es sich, wie vielerorts auf der Ostalb, um einen dünnen Leseinsteinschleier. Am Saume zur Molassesenke stellen sich, ähnlich den Verhältnissen im Hegau, gefüllte Rinnen mit Schwemmfächern ein – aber keineswegs in der Mächtigkeit wie dort“ (ebd., 36; vgl. SCHREINER 1965, 335; Blockbild 3).

Diskussion

Meteorologische und tektonische Auswirkungen von Impakten. Die gewaltigen Regenwasserfluten als Ursache der enormen Erosions- und Sedimentationsprozesse sind u.a. bedingt durch das vom Impakt hochgeschleuderte staubige Feinstmaterial, das noch lange Zeit in der Atmosphäre verblieb und den Regentropfen als Kondensationskerne diente (vgl. RUTTE 1974a, 422; 1974b, 113f.; 1987, 24).⁴

Allerdings waren die Wassermengen nicht so groß wie etwa beim Kreide-Tertiär-Grenzimpakt, als ein Meteorit von ca. 10 km Durchmesser im Küstenbereich der mexikanischen Yukatan-Halbinsel ins Meer einschlug (vgl. PAILER 1997) und dabei riesige Meerwasser-Dampfmengen in die Atmosphäre beförderte, die anschließend als Sturzregen zur Erde fielen (TOLLMANN & TOLLMANN 1993, 36-39, 62-64). Aber auch die vom Riesereignis initiierten Regenwasserfluten werden die Landschaft in erheblichem Maß umgestaltet haben.

Weiter sieht RUTTE durch den Riesimpakt großräumige tektonische Veränderungen ausgelöst: die Heraushebung von Schwarzwald und Schwäbischer Alb, nicht aber die Regionen östlich des Rieses, also Südliche Frankenalb und Vorwald-Fläche des Bayerischen Waldes. Auch das Gebiet westlich des Schwarzwaldes (und der Oberrheinebene), nämlich die Vogesen, heben sich nicht heraus. Das schließt RUTTE u.a. aus folgender Beobachtung: Schwarzwald und Schwäbische Alb unterliegen „der unmittelbar“ auf das Riesereignis „einsetzenden Abtragung in Richtung zum südlich gelegenen Molassebecken“; dagegen „verhalten sich die Vogesen durchaus unauffällig“, d.h., von ihnen sind keine auffälligen Erosionsprozesse zu vermelden (RUTTE 1987, 27, 35; s.o.). Gemeint ist offenbar: Durch die Hochlage konnte sich die Erosion nur bei Schwarzwald und Schwäbischer Alb sehr intensiv auswirken, nicht aber bei den Vogesen.

Von anderen Voraussetzungen ausgehend, hat sich nach SCHREINER (1965, 341) im Nordwesten das Schwarzwälder Einzugsgebiet der Hegauer Juranagelfluh „pultförmig herausgehoben“. Diese „Aufkippung, vielleicht nach einer besonders starken Bewegung zu Beginn“, dauerte während der ganzen Juranagelfluh-Schüttung an; jedoch „eine Gesamtaufkippung gleich zu Beginn des Obermiozäns wäre an sich auch denkbar und würde mit der erhöhten tektonischen Unruhe dieser Zeit im Einklang stehen“. Allerdings erklärt nach SCHREINER eine sofortige Gesamtaufkippung kaum, warum „in hohen Lagen der Juranagelfluh noch ebenso grobes Geröll transportiert wurde wie in tieferen“ (s.u.). Mit dem späteren Ausklingen der Heraushebung (Aufkippung) endet dann die Juranagelfluh-Geröllschüttung (ebd., 343).

Die tektonische Unruhe dieser Zeit sieht SCHREINER auch dadurch als gegeben an, daß im Hegau etwa die Absenkung an der Immendinger Flexur eine bedeutend mächtigere Juranagelfluh-Sedimentation auf der Tiefscholle bewirkt; ebenso fällt an der Randenerverfaltung (vergl. Karte 3) die tektonische Absenkung mit der Verfüllung der Tiefscholle zeitlich zusammen (ebd., 348). Für SAIER (1985, 126-128) ist weniger der Aufstieg des Schwarzwaldes als vielmehr die tektonische Absenkung im Hegau der Hauptgrund für die Anlieferung und Anhäufung mächtiger Juranagelfluh-Ablagerungen. SCHREINER und SAIER leiten die Tektonik nicht wie RUTTE vom

Glossar

Albstein; -areal; -fläche; -schwelle: 1-2 m mächtiger Kalkstein; soll aus trockengefallenem Meeresboden der Ob. Meeresmolasse (→ Molassetrog) durch krustenartige Kalkausscheidung in ca. 1-2 Millionen Jahren gebildet worden sein (vgl. aber Anm. 7), indem unter → semiaridem Klima Porenwasser aus dem Untergrund aufgestiegen und seinen Kalkgehalt an der Erdoberfläche ausgeschieden habe (= *Caliche*-Bildung).

Astrobleme: „Sternwunden“; Krater und durch einen → Impakt bewirkte Gesteinsneubildungen, etwa → Suevit.

Bentonit: Durch chemische Umwandlung von glasigem magmatischen Material (meist vulkanische Aschen) gebildetes Tongestein.

Biostratigraphie; Stratigraphie: Lehre von der zeitlichen Zuordnung der Gesteinsschichten untereinander, besonders mit Hilfe bestimmter Fossilien (→ Leitfossil).

Bolid: Großer, sehr heller Meteor.

Brekzie: Trümmergestein mit eckigen Bruchstücken, durch ein Bindemittel (sog. Zement) verkittet.

Brackwassermolasse: → Graupensandrinne; Molassetrog.

Flexur: Knieförmige, bruchlose Verbiegung von Gesteinsschichten.

fluviatil: Von Flüssen bearbeitet oder abgelagert.

Graupensandrinne; Graupensande: Stromartige, etwa 10-20 km breite Erosionsrinne, die in das → Albsteinareal des → Molassetrogs eingetieft ist. Im Liegenden gefüllt mit → fluviatilen Graupensanden (= Grimmelfinger Schichten), die nach Südwesten bis in die Nordschweiz transportiert wurden. Darüber brackische → Kirchberger Schichten, die nach Osten das brackische Meer in Bayern mit dem im Südwesten gelegenen Meer in der Schweiz verbinden (= Helvetische Meeresstraße).

Grimmelfinger Schichten: → Graupensande.

Helicidenschichten: Vom Festland eingeschwemmte oder eingewehte, meist 0,3 m mächtige Schicht aus rotem Mergel oder Ton unter dem nordwestlichen → Abstein, die Landschnecken (Heliciden) führt und z.T. die Basis-Bentonitlage vom Riesimpakt enthält.

Helvetische Meeresstraße: Andere Bezeichnung der → Graupensandrinne.

Hörnli-Schuttfächer: Gewaltiger, vom Alpenrand bis weit in den → Molassetrog reichender (bis ca. Westrand des heutigen Boden-

sees), durch enorme Fluten aufsedimentierter Schuttkegel; bestehend größtenteils aus (verbackenen) Geröllen (→ Nagelfluh), dem Abtragungsschutt der aufsteigenden Alpen.

Impakt; Impaktor: Meteoriten- bzw. Kometeneinschlag; Meteorit bzw. Komet.

Juranagelfluh: Felsgestein, das aus → Konglomerat besteht; ursprünglich waren es durch enorme Fluten verfrachtete tertiäre Ablagerungen, deren Gerölle überwiegend aus dem germanischen Jura (= Lias, Dogger, Malm) stammen.

Kirchberger Schichten: Oberer Teil der Sedimentfüllung der → Graupensandrinne, bestehend aus Feinsanden, Kies und grauen Tonmergeln mit Brackwassermuscheln, Haifischzähnen, aber auch Süßwasserschnecken und Kleinsäugerresten (!); gelegentlich sind Juranagelfluh- und alpine Gerölle eingestreut.

Konglomerat: Trümmergestein mit gerundeten Bruchstücken, verkittet durch einen sandigen, kalkigen oder tonigen Zement, z.B. Nagelfluh, Juranagelfluh.

Kristallin: Gesteine, deren Bestandteile körnige Kristalle sind (z.B. Granit, Gneis).

Lahare: Schlammströme vulkanischen Ursprungs.

Leitfossil: Tierische oder pflanzliche Versteinerung einer kurzzeitig im Sedimentgestein auftretenden Art möglichst weiter Verbreitung, leitend für einen bestimmten geologischen Zeitabschnitt (→ Biostratigraphie).

Letten: Volksausdruck für grauen, aber auch anders gefärbten, oft sandigen Ton mit geringem Sandgehalt.

Mastodonten: Tertiäre und quartäre elefantenähnliche ausgestorbene Rüsseltiere.

Matrix: Bindemittel von Sedimentgesteinen bzw. Einbettungsgestein von Fossilien.

Mergel: Ablagerungsgestein mit bestimmtem Mischungsverhältnis von Kalk und Ton.

mesozoisch: Zum Mesozoikum, dem „Zeitalter des mittleren Lebens“, gehörig. Umfaßt die geologischen Systeme Trias, Jura und Kreide.

Mischgeröllhorizont: Basis der Füllung der → Kirchberger Schichten in der erweiterten → Graupensandrinne im Bereich des heutigen Bodensees; mehrere Meter mächtig; Mischung aus alpinen Geröllen vom Napf- und → Hörnli-Schuttfächer mit Geröllen vom z.T. erodierten → Albstein.

Molassetrog, -becken; Molasse: Tertiärer Ablagerungsraum (= Molassetrog; -becken)

zwischen den Alpen sowie Schwarzwald und Schwäbisch-Fränkischer Alb, in den vom Schwarzwald, der Schwäbischen Alb und v.a. aus den Alpen besonders → fluviatiler, mergeliger, sandiger und geröllhaltiger Abtragungsschutt (= Molasse) transportiert wurde. Zeitweise unter Meeresbedeckung (= Unt. und Ob. Meeresmolasse; abgekürzt UMM und OMM) oder Brackwassereinfluß gebildet (= Brackwassermolasse; Süßbrackwassermolasse); ansonsten durch Süßwasser, v.a. fluviatil, abgelagert (= Unt. und Ob. Süßwassermolasse; abgekürzt USM und OSM).

Nagelfluh: Grobes → Konglomerat z.B. des → Hörnli-Schuttfächers.

Napf-Schuttfächer: Vergleichbar dem (weiter östlich gelegenen) → Hörnli-Schuttfächer.

Oolith: Durch Verkittung von (zumeist kleinen) kugelligen Konkretionen (Ooide) unter Wasserbewegung entstandenes Gestein.

Paratethys: Nördlich und parallel zur → Tethys gelegenes, jungtertiäres Restmeer zwischen dem Voralpenland (→ Molassetrog) und heutigem Aralsee, das später in z.T. noch vorhandene Einzelbecken wie Schwarzes und Kaspisches Meer zerfiel.

Prämolaren: Vorbackenzähne von Säugetieren.

Ries-Trümmerrmassen: Zusammenfassende Bezeichnung des aus dem Rieskrater durch den → Impakt ausgeworfenen Gemenges aller im Kraterbereich vorhanden gewesenen Gesteine.

Sediment: Durch Wasser, Wind oder Eis abgesetzte, sehr oft geschichtete Ablagerungen; wenn verfestigt: Sedimentgestein.

semiarid: Mitteltrockenes Klima.

Suevit: „Schwäbischer Stein“: Beim Riesimpakt unter hohen Energien gebildete Kristallinbrekzie mit Glasgehalt und allen Stufen der Stoßwellenmetamorphose, vor allem der völligen Aufschmelzung.

Tethys: Ein im Miozän bereits durch Platten tektonik (Kontinentalverschiebung) sehr stark eingegengter Rest-Ozean; reichte ursprünglich vom heutigen Alpenbereich bis zu den südostasiatischen Faltengebirgen (z.B. Himalaja), die u.a. aus seinen zusammengeschobenen und aufgetürmten Sedimentstapeln aufgebaut sind; heutiges Überbleibsel ist das Mittelmeer.

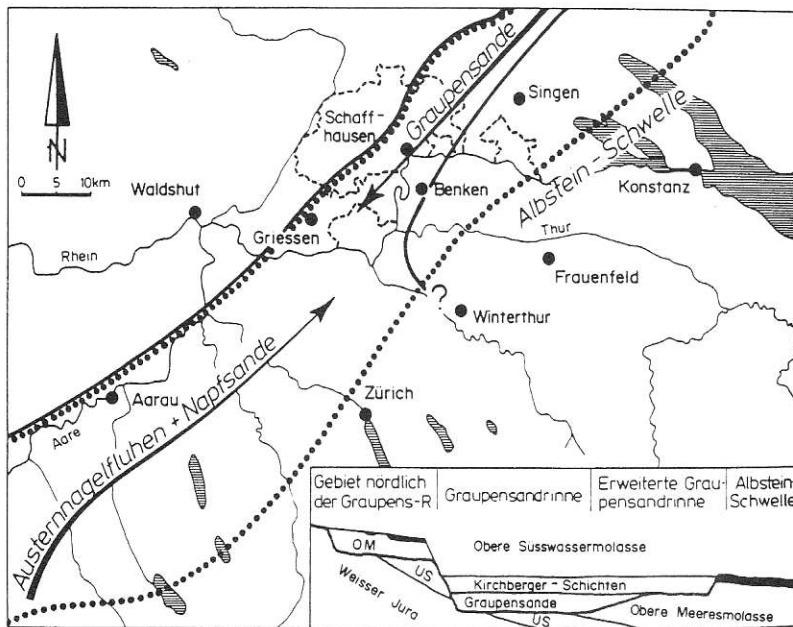
Tuff: Verfestigte vulkanische Auswurfspprodukte verschiedenster Korngrößen.

Verwerfung: Bruch, Verschiebung benachbarter Gesteins-Schollen der Erdkruste.

Riesereignis ab, bestätigen sie aber als solche für die Zeit des Obermiozäns. Wie kommt es zu Schollenbewegungen durch einen Impakt?

Der Einschlag eines Himmelskörpers entsprechender Masse bewirkt nach TOLLMANN & TOLLMANN (1993) u.a. eine Erdbebenkatastrophe ungekannten Ausmaßes, ein sogenanntes *Impaktbeben*. „Schon ein Impaktor mit 100 Milliarden Tonnen“ – das sind nur ein Zehntel der Masse des Endkreide-Boliden – „würde eine 500 bis 2500mal stärker-

re Bebenwirkung als die stärksten irdischen Beben erzielen“ (letzte liegen auf der Richter-Skala bei ca. 9). Dabei kommt es „zu großräumigen Landschaftsveränderungen, weil sich in tektonisch aktiven, unter Spannung stehenden Regionen Schollen der Erdkruste heben oder senken, kippen oder sich verformen“ (ebd., 42). Schon bei einer Großkatastrophe wie dem Sagami-Beben nahe Tokio im Jahre 1923 (SEIBOLD 1995, 43-46), das nicht zu den stärksten irdischen Erdbeben zählt (Richter-Skala 8,2), tra-



Karte 1: Die Graupensande wurden nach BUCHNER als umgelagerte und aufgearbeitete Riesimpakt-Trümmermassen bis in die Nordschweiz verfrachtet und verzahnen sich dort mit Sedimenten alpiner Schuttfächer. Eingezeichnet sind heutige Flüsse und Seen (besonders der westliche Bodensee) sowie Städte. Nebenkarte: Schematische Abfolge der Molasse am Nordrand des Beckens, besonders die in ältere Abfolgen eingetiefte Brackwassermolasse (= Graupensande und Kirchberger Schichten). OM = Ob. Meeresmolasse; US = Unt. Süßwassermolasse. — = Ursprüngliche Graupensandrinne; = erweiterte Graupensandrinne im Bodenseegebiet. (AUS MÜLLER et al. 1984; nach HOFMANN und GEYER & GWINNER)

ten Hebungen des Ozeanbodens bis zu 250 m auf, während andere, nahe gelegene Teile des Meeresbodens um 466 m absanken (TOLLMANN & TOLLMANN 1993, 150).⁵ Und bei dem Agadir-Beben vor Marokko 1960 (Richter-Skala 5,9; SEIBOLD 1995, 272) – erheblich schwächer als das Sagami-Beben –, wurden küstennahe, 360 m tiefe Gebiete bis 14 m unter den Meeresspiegel gehoben; gleichzeitig senkte sich ein landferner gelegener Teil des Meeresbodens von 360 m auf 1350 m ab (TOLLMANN & TOLLMANN 1993, 150).

Grundsätzlich gesehen kann unter diesen Voraussetzungen den tektonischen Hypothesen RUTTES die Plausibilität wohl nicht abgesprochen werden. Schon in den „Jahre(n) nach dem Riesereignis“ hatte sich nach ihm „die Schwarzwaldregion gehoben“ und der katastrophale Wanderblock-Transport sowie die enorme Juranagelfluh-Schüttung eingesetzt. Und von der Schwäbischen Alb und weiter nordöstlich „stürzen ungeheure Regenwasserfluten ungehemmt in Richtung Süden“ in das Molassebecken, transportieren (am Top der Graupensandrinne?) Aemonite bis in den Hegau und schichten das oberste Gestein, die oberen Kirchberger Schichten, um (RUTTE 1987, 28, 35; s.o.). RUTTE (ebd., 28) zitiert in diesem Zusammenhang SCHREINER (1976 = 1984, 18): „Die Ausräumung der Graupensandrinne und deren Füllung mit zum Teil fluviatilen Sedimenten nordöstlicher Herkunft (Graupensande) und mit grobem Geröll

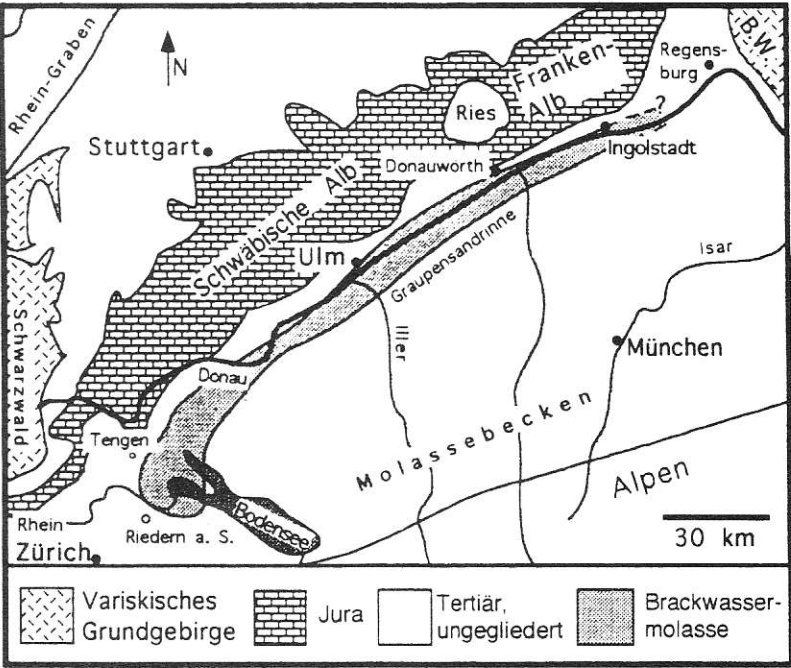
und staubfeinem Sand alpiner Herkunft enthält sedimentologische und paläogeographische Probleme, die noch nicht gelöst sind“, die RUTTE aber wohl z.T. zu lösen meint.⁶

Neue Erkenntnisse zu Ereignissen nach dem Ries-Meteoriteneinschlag. Nach der neuen Hypothese von BUCHNER (1998) könnten die von SCHREINER benannten Probleme möglicherweise noch besser gelöst werden. Hatte RUTTE – abgesehen von Wanderblöcken und Juranagelfluh! – lediglich Sedimente im höchsten Teil der Graupensandrinne, den obersten Kirchberger Schichten, von den postimpaktischen Regenwasserfluten anliefern und umlagern lassen, so setzt BUCHNER die Auswirkungen des Riesimpakts stratigraphisch tiefer an. Nach ihm gehen nicht nur Transporte und Umlagerungen am Top der Kirchberger Schichten, sondern vielmehr die Sedimente des gesamten unteren Teils der Rinne selbst, also die Graupensande, auf das Riesereignis zurück (Karte 1, Nebenkarte). Er beschreibt sowohl aus einer geringmächtigen Bentonitlage („Impakt-Bentonit“) im Liegenden⁷ als auch aus den überlagernden, ca. 15 m mächtigen Graupensanden selbst das ganze Inventar der vom Riesimpaktor bewirkten Stoßwellenmetamorphose, vor allem die geschockten Quarze (BUCHNER 1998, 413-423, 432-434).⁸ Die Graupensande stammen demnach also im wesentlichen nicht – wie im Lehrbuch beschrieben (GEYER & GWINNER 1986, 206) – aus der Bayerisch-Böhmischen Masse (so z.B. LEMCKE 1985, 13-16; ZÖBELEIN 1995, 6-8, 95) und ebensowenig die „alpinen“ Gerölle im Bodenseegebiet aus den Alpen (so z.B. SCHREINER 1992a, 64; vgl. BUCHNER 1998, 406), sondern es handle sich um ausgesprengte Riestrümmernmassen, z.T. aus dem kristallinen Grundgebirge, die nach dem Auswurf fluviatil aufgearbeitet (ebd., 448), auf einer Länge von ca. 80 km seitlich in die Graupensandrinne befördert und in der Rinne weit nach Südwesten bis in die heutige Schweiz verfrachtet wurden (BUCHNER et al. 1996, 179; Karte 2). Während nach SAIER (1985, 106) für den Transport der zu Graupensanden aufgearbeiteten Riestrümmernmassen „riesige Wassermassen notwendig waren“, die er (im Anschluß an eine Erwägung RUTTES) von postimpaktischen Regenwasserfluten herleitet, äußert BUCHNER sich nicht zu dieser Hypothese, obgleich die beschriebenen sedimentologischen Befunde auf besondere, schnelle, von BUCHNER selbst herausgestellte Bildungsbedingungen und „auf eine relativ hohe Energie dieses verzopften Flußsystems hindeuten“ (ungewöhnliches Korngrößenspektrum: vor allem Fein- und Mittelkiese = „Graupen“, aber auch Sande; fehlende Sortierung und fehlende Abnahme der Korngröße von Osten nach Westen trotz einer Länge der Rinne von 300 km; stark schwankende lithologische Zusammensetzung der Sedimente selbst in benachbarten Aufschlüssen; meist trogförmige Schrägschichtung; dezimetergroße Geröll-

le bis meterdicke Blöcke am Rinnenboden; sehr rasches Einsetzen und abruptes Ende der Graupensandschüttung; BUCHNER 1998, 440; vgl. 404-407, 424, 440-442). „Der Graupensandfluß war in Anbetracht seiner Ausmaße und Auswirkungen ein großer Strom“ (ZÖBELEIN 1995, 96).

Sehr bedeutsam ist auch, daß BUCHNER (1998, 408, 423-427) aus der Graupensandrinne ebenfalls eine nahezu umfassende Verkieselung aller nicht primär kieseligen Komponenten, auch der Jurakalk-Gerölle, beschreibt. Er erklärt das Phänomen aber nicht als spontanes Ereignis wie RUTTE (s.o.; ablehnend auch BEYER 1974), sondern als längerfristigen Prozeß der Umwandlung von aus Impaktschmelze stammendem Gesteinsglas in Quarz und seiner in großen Mengen erfolgten Verfrachtung in die Rinne.

Zur stratigraphischen Neueinstufung der Brackwassermolasse. Nachdem Untere und Obere Meeres- sowie die Untere Süßwassermolasse sich gut mit der eustatischen Meeresspiegelkurve der Paratethys korrelieren lassen, nicht aber Brackwasser- und unterer Teil der Oberen Süßwassermolasse, schlägt BUCHNER (1998, 443-447) für die letzteren eine neue stratigraphische Einstufung vor (Tab. 1). Einige stratigraphische Probleme der Neueinstufung werden von BUCHNER (1998, 451-453) nur knapp andiskutiert und brauchen hier nicht behandelt zu werden⁹, aber der folgende Satz (ebd., 452) scheint bemerkenswert: „Die relative Abfolge der Säugerzonen-Stratigraphie kann also in sich stimmen, nicht aber die absoluten Altersangaben, die indirekt aus ihr entnommen werden.“ BUCHNER verschiebt – entgegen der „offiziellen“ Einstufung des Geologischen Landesamtes (VILLINGER & FLECK 1995, 13f., 68) – die Graupensandrinne um ca. 3 Millionen Jahre nach oben (Tab. 1) und weist darauf hin, daß „bislang keinerlei absolute Datierungen für die Brackwassermolasse existierten“ (ebd.). Er erwähnt noch die Diskussion eines weiteren Impakt-Szenarios (ebd., 455): Die stoßwellenmetamorph überprägten Graupensande müssen nicht zwangsläufig vom Rieseinschlag stammen. Es könnte sich um umgelagerte Auswurfmassen eines ca. 3 Millionen Jahre älteren, möglicherweise im Gebiet der Bayerisch-Böhmischen Masse niedergelagerten Impaktors handeln, dessen Krater weitgehend eingeebnet sein könnte (vgl. Karte 2). Obgleich BUCHNER diesem Diskussionsbeitrag nicht zustimmt, könnte bei der Einbeziehung von RUTTES Hypothesen gemutmaßt werden: Die Auswurfmassen des ersten (hypothetischen!) Boliden wurden in die Graupensandrinne eingetragen; die Regenwasserfluten des Ries-Meteoriten bewirkten die oben beschriebenen Umschichtungen sowie den Transport von Juranagelfluh und Wanderblöcken. Beachtlich ist, daß sowohl die Graupensande als auch Wanderblöcke und, unterge-



Karte 2: Südlich entlang der Schwäbisch-Fränkischen Alb die 10-20 km breite, 300 km lange Graupensandrinne am Nordrand des Molassebeckens, in der nach BUCHNER die vom Ries-Impakt ausgeworfenen Trümmernmassen nach Südwesten fluviatil transportiert wurden. BW = Bayerischer Wald (Bayerisch-Böhmische Masse). (Aus BUCHNER 1998)

Standard-Chronostratigraphie			Relative Meeresspiegelkurve					1 Interpretation der relativen Meeresspiegelkurve		2
Stufen			200 150 100 50 0 m							
Ober-	Messinium 6,3	Pontium						OSM	relativer Meeresspiegel-Tiefstand: Ablagerung der Oberen Süßwassermolasse (OSM)	OSM
	Tortonium	Pannonicum								
	10,2	Sarmaticum								
Mittel-	Sarravallium							BM	BM: Füllung der Graupensandrinne Ries-Impakt Eintiefung der Graupensandrinne	BM
	15,2	Badenium								
	Langhium 16,2	Karpatium								
Unter-	Burdigalium							OMM	relativer Meeresspiegel-Hochstand: Bildung der Oberen Meeresmolasse (OMM)	OMM
	20	Ottnangium								
	Aquitanium	Eggenburgium								
Oligozän	25,5	Egerium						USM	relativer Meeresspiegel-Tiefstand: Ablagerung der Unteren Süßwassermolasse (USM)	USM
	Chattium									
	30 Mio. a									
Unter-	Rupelium	Rupelium						UMM	relativer Meeresspiegel-Hochstand: Bildung der Unteren Meeresmolasse (UMM)	UMM

Tab. 1: Versuch einer Korrelation des relativen Meeresspiegels mit Ereignissen im süd-deutschen Molassebecken nach BUCHNER. Die Ablagerung der fluviatilen Graupensande als Umlagerungsprodukt der Ries-Auswurfmassen erfolgte noch bei niederm relativen Meeresspiegel; die brackischen Kirchberger Schichten sedimentierten bei einem letzten, kurzen Meeresspiegelanstieg (vgl. beschriftete Spalte rechts: BM: Füllung der Graupensandrinne). Vor der Ablagerung dieser beiden Schichtglieder (= Brackwassermolasse BM; Spalte 2) wird bei einem Meeresspiegeltiefstand die erosive Eintiefung der Graupensandrinne angenommen. Spalte 1: Bisherige Molassestratigraphie (wie in Tab. 2, rechts). Spalte 2 und beschriftete Spalte daneben: Interpretation der stratigraphischen Grenzen nach BUCHNER; die Brackwassermolasse (BM) ist vom Ottnang/Karpat ins obere Baden hochgeschoben (ca. 3 Millionen Jahre jünger). Links radiometrische Jahrmillionen und Stufen der Tethys, daneben die Paratethys-Stufengliederung. (Nach BUCHNER 1998)

313-325; vgl. zu seiner Sediment-Interpretation aber SAIER 1985, 54-62). Sie wird ins Aquitan gestellt (Tab. 2; vgl. Blockbild 1); ihre Ablagerung fand mit Sicherheit vor dem Ries-Impakt statt. Jedoch sind deren Gerölle nur bis 20 cm groß, während die Jüngere Juranagelfluh Blöcke bis 60 cm Durchmesser enthält (SCHREINER 1992a, 42, 74).

Die in den Mergeln der Jüngeren Juranagelfluh am Vulkan Hohenhewen gefundenen Reste von Säugetieren erlauben keine nähere Zuordnung innerhalb des Obermiozän; *radiometrische* Datierungen an eingelagerten Vulkangesteinen und geröllanalytische Untersuchungen zeigen nach SCHREINER (1992a, 77-79; vgl. aber SAIER 1985, 122), daß der höhere Teil der Jüngeren Juranagelfluh des nordwestlichen Hegau im Sarmat sedimentiert wurde (Tab. 2; Blockbild 3).¹⁰

Was bedeutet die Formulierung, der Transport von Juranagelfluh und Wanderblöcken könnte vom katastrophalen Regen nach der Ries-Katastrophe „initiiert“ sein (s.o.)? Ist damit nur der (plötzliche?) Schüttungsbeginn gemeint, oder dauerten die post-impaktischen Regenfälle länger an? Das sagt RUTTE nicht ausdrücklich; immerhin aber behandelt er die beiden Gerölleinheiten im Kapitel über das (höhere) Obermiozän, also wohl Sarmat (?) (RUTTE 1987, 30 = Zeitskala). Zwischen dem Riesereignis im tiefen Obermiozän (Torton) und höherem Obermiozän liegen nach *radiometrischen* Datierungen aber mehrere Millionen Jahre (vgl. Tab. 2).

Nicht nur im unteren (liegenden) Bereich (Weißjurablöcke bis 60 cm Durchmesser; vgl. Abb. 1), sondern auch im oberen (hangenden) Anteil der konglomeratischen Juranagelfluh im Hegau ist der Bestand an großen Geröllen z.T. erheblich (Abb. 2), was auf immer wieder enorme Transportstöße schließen läßt. Zum Liefergebiet hin ist die Juranagelfluh geringermächtig, aber größtenteils (nach SAIER 1985, 114: zu 30%) konglomeratisch ausgebildet (vgl. Abb. 4 und Karte 3); beckenwärts, wo sie im Hegau bis 400 m mächtig wird, geht sie mit dem allmählichen Aufhören der Geröllführung in kalksandiges bis toniges Feinsediment über (SCHREINER 1992a, 73ff.). SCHREINER (1965, 306) bemerkte zum Liefergebiet hin keine deutliche Abnahme der Geröllgröße vom Liegenden zum Hangenden; vielmehr finden sich die „teilweise besonders großen Buntsandstein-Blöcke“ bis 50 cm Durchmesser in den höchsten Lagen der konglomeratischen Juranagelfluh (s.o.). *Sollten die von der Rieskatastrophe initiierten Regenwasserfluten auch die Gerölleinheiten im Hangenden der Juranagelfluh – fast 200 m höher – sedimentiert haben, so wäre das mit der angenommenen langen Zeitspanne kaum verträglich.*

Zur Abtragung des Schwarzwald-Mesozoikums kann man weiter fragen: wurden die dem Schwarzwald-Kristallin aufliegenden Trias- und Jura-Sedimentserien durch Impaktbeben und Heraushebung geradezu „zerrüttet“ (vgl. HALSTEADT 1983, 20; SCHEVEN 1988, 104), so daß die gelockerten

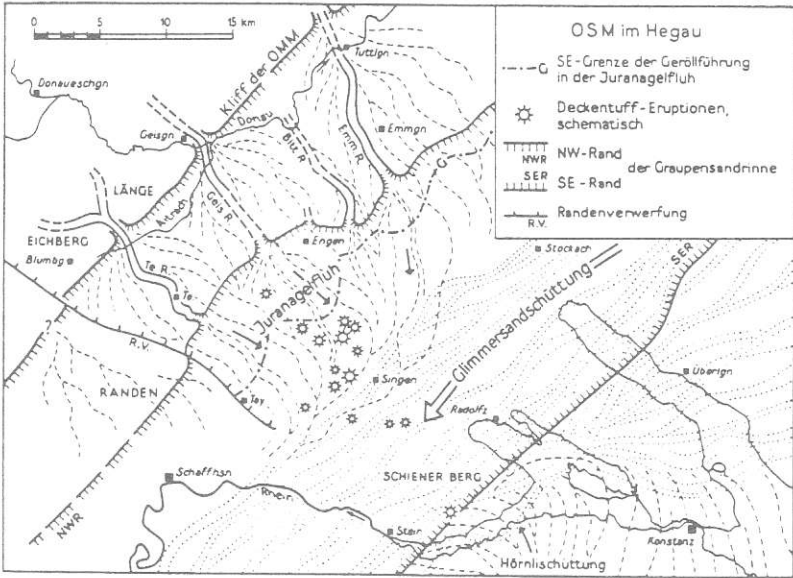
Gesteinsdecken vergleichsweise leicht zu Sedimenten aller Korngrößen aufgearbeitet und nach Süden verfrachtet werden konnten?

Die liegenden, konglomeratischen Anteile der Juranagelfluh lagern im nordwestlichen Hegau in vier tief in Weißjuratafel und Albsteinfläche eingeschnittenen canonartigen Rinnen (vgl. SAIER 1985, 118-122), durch welche Geröllmassen bis z.T. in die ehemalige helvetische Meeresstraße transportiert wurden, bevor die Gerölle in den eingetieften Rinnen liegenblieben und diese plombierten (Blockbild 1 und Karte 3). So ist nach SCHREINER (1965, 328) und SAIER (1985, 119) die Tengener Rinne 200 m breit und 70 m tief (vgl. Abb. 3 und 4). Möglicherweise sind diese Rinnen nicht erst durch den Juranagelfluh-Massentransport, sondern bereits zuvor durch gewaltige Fluten ausgeräumt worden; das würde zu dem von RUTTE für die Bildung der Juranagelfluh und der Wanderblöcke diskutierten Modell passen. Daß entsprechend mächtige Fluten auch den festen Untergrund tief auskolken können, wurde durch die –

Abb. 3: Linke Flanke der Juranagelfluh-Rinne an der Straße Tengen – Uttenhofen. In massige Weißjurakalke (unten und links) wurde die Tengener Rinne eingetieft; die in ihr abgelagerten Geröllverbände und Mergel der Juranagelfluh (rechts u. oben) sind teilweise durch Pflanzenbewuchs verdeckt.



Abb. 4: Vergrößerter Ausschnitt aus der rechten Bildhälfte von Abb. 3. Die z.T. groben Gerölle sind in gelbbraunen Mergel eingebettet, der mengenmäßig den größeren Sedimentanteil einnimmt; er ist aus abgetragenen weicheren mesozoischen Deckgebirgs-Schichtserien des Schwarzwaldes hervorgegangen und wurde mit den Geröllen in die Rinne verfrachtet.



Karte 3: Die gleiche Situation wie Blockbild 1 und 3, schematisch zusammengefaßt. Eingezeichnet sind heutige Flüsse (Donau, Rhein) und das Westende des heutigen Bodensees sowie Städte. Die in Malmkalk und Albsteinareal eingetieften Juranagelfluh-Transportrinnen sind bezeichnet: Emm. R. – Emminger Rinne; Bitt. R. – Bittelbronner Rinne; Geis. R. – Geisinger Rinne; Te. R. – Tengener Rinne; links oben das (Küsten-)Kliff des Ob. Molassemeeres = OMM. (Aus SCHREINER 1992a)

noch viel stärker eingetieften – Rinnen im „Channeled Scabland“ bewiesen. Dort (im heutigen US-Bundesstaat Washington) hatten am Ende der letzten Eiszeit Wassermassen mehrmals den Gletscherstirnriegel des riesigen Missoula-Eisstausees durchbrochen und im harten Basalt Rinnen von Hunderten Meter Tiefe ausgewaschen (GOULD 1989, 205-209; TOLLMANN & TOLLMANN 1993, 53f.). Ähnliches können (im kleineren Maßstab) auch vulkanische Lahare bewirken (FRITZSCHE 1995, 9). Allerdings ist die paläogeographische Situation im Herkunftsgebiet der Juranagelfluh wohl kaum mit der Konfiguration des Missoula-Eisstausees zu vergleichen – andererseits: wurden die Geröllmassen durch postimpaktische Regenwasserfluten ins Molassebecken befördert, so wäre die Situation nicht völlig unvergleichbar.

Tab. 3: Vermutete Abstammungsreihe miozäner Cainotherium-Arten von süddeutschen Lokalitäten; links Säugetier-„Units“ und Stufen (vgl. Tab. 2). (Aus HEIZMANN 1983)

Biostratigraphie und Bildung neuer Arten. Die Sedimentationszeit der mit der Jüngeren Juranagelfluh seitlich verzahnten Oberen Süßwas-

sermolasse (Blockbild 3) reicht in der aktuellen Gliederung nach FAHLBUSCH (1981) vom oberen Ottnang bis zum Sarmat (s.o.). Nach der zeitlichen Einstufung unterschiedlich zusammengesetzter Säuger-Gemeinschaften und ihrer (mikro)evolutiven Abfolge werden Miozän und Pliozän in Europa in 17 Kleinsäugetier-Einheiten („Mammal Neogene Units“, MN) untergliedert (Tab. 2); diese fein-stratigraphische Gliederung wird auch auf die Obere Süßwassermolasse angewandt (JUNG & MAYR 1980, 166-169). Hier sei auf die Kleinsäuger-Gattung *Cainotherium* hingewiesen (MÜLLER 1989, 317-319), deren Abfolge „die feinsten stratigraphischen Einzelheiten anzuzeigen vermag“ (RUTTE 1987, 20; vgl. HEIZMANN & FAHLBUSCH 1983, 89; REIFF 1988, 385). Diese hasenartigen Paarhufer (Abb. 5) werden in 5 Arten unterteilt; ihr Auftreten fällt zum Teil in die Bildungszeit der Brackwassermolasse und der Oberen Süßwassermolasse (Tab. 2 und 3). Die als Arten unterschiedenen Formen von *C. laticurvatum* über *C. bavaricum* bis *C. huerzleri* unterscheiden sich hauptsächlich durch eine zunehmende Verkürzung des Prämolarengebisses, „deren funktionelle Bedeutung noch nicht geklärt ist“ und gelten als „charakteristische Entwicklungsreihe“ (HEIZMANN 1983, 781, 824). Sie können wohl als sich auseinanderentwickelnde Angehörige eines Grundtyps gemäß der Definition von SCHERER (1993) gelten; womöglich gilt das für die gesamte, „vergleichsweise einheitliche“ Familie der Cainotheriidae (HEIZMANN 1983, 801), die vom Obereozän bis zum Miozän reicht.

Von den Großsäugern sind für die Untergliederung der Molasse die Hauer-Elefanten der Gattung *Dinotherium* (bzw. *Deinotherium*) wichtig (DEHM 1951; 1955; 1960; BÜCHI 1959; revidiert von HEIZMANN 1984, 38f.). Sie trugen im Unterschied zu gewöhnlichen Elefanten nur im Unterkiefer nach unten und hinten gerichtete Stoßzähne. Auch sie bilden eine – hauptsächlich durch phylogenetische Größenzunahme gekennzeichnete – Entwicklungsreihe, die von *D. bavaricum* (Unt. – Ob. Miozän; Abb. 6) über *D. levius* (Mittl. – Ob. Miozän) und *D. giganteum* (Ob. Miozän)¹¹ zu *D. gigantissimum* (Mittl. Pliozän) führt; *D. bavaricum* erreichte 2,5 m Höhe, *D. gigantissimum* ca. 3,6 m. Sie stellen ebenfalls eine einheitliche Gruppe dar (MÜLLER 1989, 476) und dürften als Angehörige eines Grundtyps gelten.

Inzwischen häufen sich in der Rezentbiologie die Beobachtungen¹², daß die Entstehung neuer Arten keineswegs lange Zeiten benötigt, sondern z.T. während weniger Generationen ablaufen kann (JUNKER 1993, 39-42; JUNKER & SCHERER 1998, 290-293). So verlief die genetische Mikro-Evolution einer Guppy-Population bei einem Wechsel von Umweltparametern um bis zu 10 Millionen (!) mal schneller als aus Fossilreihen abgeleitet worden war (REZNICK et al. 1997; vgl. MORELL 1997; BRÜGEMANN 1998). Auch die o.g. *Cainotherium*- und

NM		Mitteleuropa	Spanien
6	Unter-Astaracium	<i>C. huerzleri</i> (Steinberg, Goldberg)	
5	Ober-Orleanum	<i>C. cf. bavaricum</i> (Randecker Maar)	<i>C. miocaenicum</i>
4	Mittel-Orleanum	<i>C. aff. bavaricum</i> (Petersbuch 2)	
3	Unter-Orleanum	<i>C. bavaricum</i> (Wintershof-West, Schnaitheim)	<i>C. miocaenicum</i>
2	Ober-Agenium	<i>C. laticurvatum</i>	

Dinotherium-Arten bilden solche Fossilreihen. Da auch Sedimente sehr oft schnell gebildet wurden – was für viele Schichtfolgen der Molasse ohnehin angenommen wird –, könnten von diesen Gesichtspunkten her gesehen die Tertiär-Stufen während der Molasseablagerung erheblich kürzere Zeiten als heute angenommen repräsentieren.¹³ Dem stehen natürlich wichtige Einwände entgegen – man braucht nur an die radiometrischen Datierungen zu denken, die im Rahmen dieser Argumentation ein ungelöstes Problem darstellen. Auch können die fossilen leitenden Säugetiere „nicht überall gleichzeitig auftreten“ (RUTTE 1977, 291), da sie sich von unterschiedlichen (Entstehungs-)Zentren ausgebreitet haben, was eine gewisse Zeit benötigt. Die sich allerdings u.a. daraus nicht selten ergebenden stratigraphischen Unstimmigkeiten¹⁴ könnten aber möglicherweise bei der Erwägung kürzerer erdgeschichtlicher Zeiten eher verständlich werden, da im Vergleich zu den sehr langen geologischen Epochen heutige Ausbreitungsgeschwindigkeiten von Organismen oft außerordentlich hoch sind.¹⁵ Setzt man heutige Ausbreitungsgeschwindigkeiten für eine sehr lange erdgeschichtliche Vergangenheit voraus, so müßten sich die stratigraphischen Diskrepanzen verwischen, da das Ausbreitungstempo in keinem Verhältnis zur Länge der geologischen Zeit steht. Sie verwischen sich jedoch nicht. Aber diese Überlegungen sind vorerst von sehr vorläufiger Natur.

Neo-Katastrophismus und Massenuntergänge von Arten. Besonders seit im Jahre 1980 ein Impakt für das Artensterben an der Kreide-Tertiär-Grenze diskutiert wurde¹⁶ und, z.T. dadurch angeregt, weitere Organismenuntergänge im Verlauf der Erdgeschichte untersucht wurden (z.B. STANLEY 1989; SCHINDLER 1990; THIES 1991; RAUP 1992; ELDREDGE 1994), ist eine Tendenz in den Geowissenschaften hin zu einer stärkeren Betonung katastrophischer Vorgänge zu beobachten; man spricht vom „Neo-Katastrophismus“ (vgl. RIEPEL 1985). In mancher Hinsicht knüpft er an Katastrophen-Vorstellungen des 17.-19. Jahrhunderts an (HÖLDER 1960, 130-139, 473-478; 1989, 21-25, 55-61; STANLEY 1989, 13-21; GOULD 1990; TOLLMANN & TOLLMANN 1993, 417-422; FRITZSCHE 1997) und gehört inzwischen bereits zum Lehrbuchwissen (STANLEY 1994). Sind die Hypothesen RUTTES im Rahmen dieses veränderten Klimas in Geologie und Paläontologie zu verstehen? Wurden sie dadurch (mit)angeregt? – Die Entstehung des Nördlinger Rieses durch einen Meteoriteneinschlag wurde längst vor dem Aufkommen des „Neo-Katastrophismus“ diskutiert; die Impakt-Hypothese wurde schon ab 1960 besonders durch die Entdeckung von Hochdruckmodifikationen des Quarzes gesichert und setzte sich frühzeitig als Lehrmeinung durch. Die Geschichte der Ries-Erforschung war – bei zunehmender internationaler Teilnahme und Beachtung

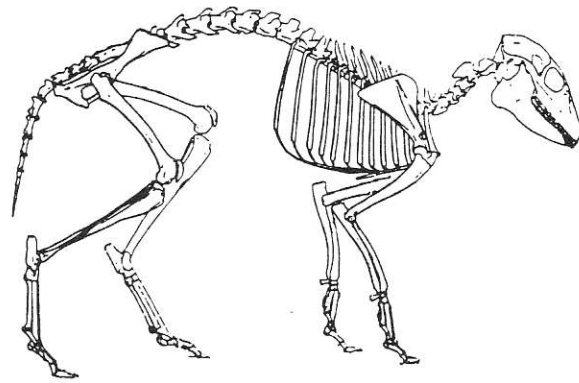


Abb. 5: Hasenartiger Paarhufer *Cainotherium* sp. (Aus MÜLLER 1989; nach HÜRZELER)

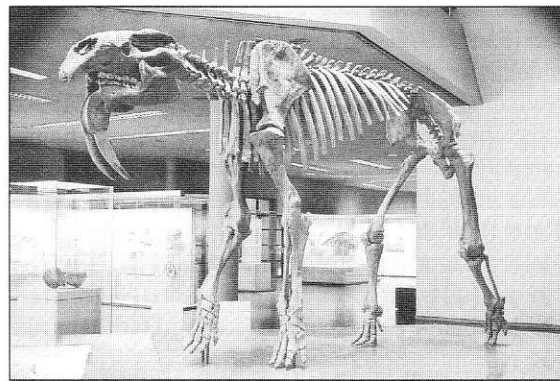


Abb. 6: Hauer-Elefant *Dinotherium bavaricum* aus der Molasse von Langenau bei Ulm. Skelettnachbildung, Staatliches Museum für Naturkunde, Museum am Löwentor, Stuttgart.

– zunächst eher ein „internes“, spannendes Sonderthema süddeutscher Geologie (HÖLDER 1989, 159-163) und höchstens indirekt vom veränderten Wissenschaftsklima abhängig. Allerdings hat RUTTE (und z.T. auch SAIER und BUCHNER) viel weitreichendere geologische Folgen an das Ries-Ereignis geknüpft als dies gemeinhin der Fall ist. Damit ist er gewissermaßen im voraus einer Forderung von TOLLMANN & TOLLMANN (1993, 64, 209, 260, 264ff.) nachgekommen, tektonische, erosive, sedimentologische und andere Phänomene gezielt auf einen möglichen Zusammenhang mit Impakt-Ereignissen zu untersuchen. Nachdem inzwischen zahlreiche Impaktstrukturen bekannt wurden – TOLLMANN & TOLLMANN listeten bereits 1993 116 weltweit entdeckte Krater auf (ebd., 282-285) –, ist davon auszugehen, daß viele geologische Ereignisse mit Einschlägen kosmischer Körper in direktem und indirektem Zusammenhang stehen, und BUCHNER et al. (1996) und BUCHNER (1998) forschen bereits gezielt in diese Richtung. Hier tut sich ein weites Feld für neue geologische Fragestellungen auf. Es ist m.E. ein Verdienst RUTTES, gewissermaßen als Pionier solchen (möglichen) Impaktfolgen im Gelände nachgegangen zu sein und sie in der regionalen Erdgeschichte Süddeutschlands und der Nordschweiz zur Diskussion gestellt zu haben.

Gehört die Rieskatastrophe zu den „großen Untergängen“ der Erdgeschichte, bei denen die meisten der fossil belegten Arten ausstarben? Seit dem Kambrium gab es nach heutiger Sicht minde-

stens zehn Massenaussterben. Fünf davon werden als „Big Five“ zusammengefaßt, die jeweils den Untergang des größten Teils der fossil bekannten Arten bewirkten (STANLEY 1989; RAUP 1992, 82-84, 100f.; TOLLMANN & TOLLMANN 1993, 295-307; ELDREDGE 1994, 77-171; JÄGER 1997, 364). Der Riesimpakt zählt jedenfalls nicht zu den „Big Five“; aber verursachte er vielleicht ein kleineres Artensterben? RAUP (1992, 204, 208) bringt einen kleineren weltweiten Artentod mit dem Riesereignis in Verbindung, den er auf 12 Millionen Jahre beziffert¹⁷; doch die Datierung des Riesimpakts liegt bei 14,7 bis 15 Millionen *radiometrischen* Jahren (s.o.). Man geht gewöhnlich davon aus, daß zwar durch die Rieskatastrophe bis in Entfernungen von 100 bis 150 km fast alle größeren Tiere ausgelöscht wurden (REIFF 1976, 46; GROSCOPF & REIFF 1986, 11), ja diese Vernichtung ganz Süddeutschland betroffen haben wird (SAIER 1985, 106; vgl. REIFF 1990, 112), aber das verwüstete Land mit Pflanzen und nachfolgend Tieren verhältnismäßig schnell im Laufe von Jahrhunderten wieder besiedelt wurde (REIFF 1988, 388). Ein weltweites *Artensterben* wird zumeist nicht angenommen. Immerhin vermutet RUTTE (1981, 201), daß zumindest die größeren Landwirbeltiere zwischen Alpen und Nordeuropa ausgelöscht wurden; und TOLLMANN & TOLLMANN (1993, 290) sprechen von einer Katastrophe für Europa. Aus diesen unterschiedlichen Stellungnahmen ist wohl zu entnehmen, daß die Auswirkungen des Impakts auf die Lebewelt (vorerst) schwer einzuschätzen sind.

Dank: Dr. Reinhard JUNKER danke ich herzlich für vielfältige Hilfen. Dipl.-Geol. Dr. Martin ERNST, Dipl.-Min. Dr. Thomas FRITZSCHE und Dipl.-Geol. Achim ZIMMERMANN sage ich ebenso herzlichen Dank für die kritische Durchsicht des Manuskripts und für wertvolle Hinweise.

Anmerkungen

- ¹ Autobiographische Daten zum Thema in RUTTE (1987, 9).
- ² Ob alle diese Gesteine infolge des Rieseinschlags verkiesel wurden, ist fraglich. GRIMM (1977, 378-383) bringt Argumente gegen die impaktische Verkieselung eines niederbayerischen Quarzkonglomerats (vgl. ZOBELIN 1995, 37). Andererseits haben neuerdings BUCHNER et al. (1996) und BUCHNER (1998) Befunde für eine *post*-impaktische Verkieselung der Graupensande vorgelegt (s. o.), so daß die Hypothese RUTTES – vielleicht in veränderter Form – m.E. insgesamt an Plausibilität gewinnt.
- ³ Zur kontroversen Diskussion der brekziös zertrümmerten und blasendurchsetzten, ebenfalls völlig verkieselten *Alemonite* (von Alemona = die Altmühl), die RUTTE als unter geringeren Einschlag-Energien gebildete Suevit-äquivalente Impaktgesteine der Südlichen Frankenalb (Altmühlalb) interpretiert, vgl. RUTTE 1972; 1974a; 1974b; 1981, 198-202; BEYER 1974; ROOS 1976; APPEL 1985, 160f.; SAIER 1985, 103-106; ZOBELIN 1995, 37; BUCHNER 1998, 426.
- ⁴ Bereits bestimmte Vulkanausbrüche (plinianische Eruptionen) sind oft mit heftigen Regenfällen verbunden, da die Explosionssäule in der Höhe abkühlt und der mit-

gerissene Wasserdampf kondensiert (SEIBOLD 1995, 209). Im Anschluß an RUTTE spricht auch SAIER (1985, 106) von der Möglichkeit katastrophaler Niederschläge nach dem Riesimpakt, die „eventuell durch eine postriesische Abkühlung der Atmosphäre bedingt“ waren (die Temperatur im Einschlagszentrum betrug zuvor mehrere 10.000 Grad).

- ⁵ Abweichend von diesen Angaben sank nach SEIBOLD (1995, 46) beim Sagami-Beben in Tiefen um 1800 Meter der Meeresboden an mehreren Stellen um bis zu 200 Meter ab, „an anderen Stellen soll er über 400 Meter hochgestiegen sein, doch mögen an diesen Zahlen auch Ungenauigkeiten der Seekarten-Vermessung vor und nach dem Beben beteiligt sein.“
- ⁶ In diesem Zitat RUTTES klingt seine früher (1981, 160) geäußerte, aber sogleich von ihm selbst verworfene Erwägung an (die aber von SAIER 1985, 103f., aufgegriffen wurde), nicht nur Alemonite und andere bis in den Hegau verfrachtete, *verkieselte* Gerölle, sondern auch größere Sedimentmengen in der Graupensandrinne selbst seien auf das Riesereignis zurückzuführen (dazu kritisch ZOBELIN 1995, 34-37). Das wäre auch mit seiner in diesem Artikel vorgestellten neueren Hypothese (RUTTE 1987), wonach die *stratigraphisch höher* eingestuftesten obersten Kirchberger Schichten durch postimpaktische Regenwasserfluten umgeschichtet sowie wahrscheinlich Wanderblock-Transport und Juranagelfluh-Schüttung durch das Riesereignis initiiert worden seien, kaum zu vereinbaren. RUTTE (1981, 160) hat aber gesehen, daß als Einzugsgebiet der für den Sedimenttransport in der Graupensandrinne notwendigen „gewaltigen Wassermassen“, deren Herkunft ansonsten „ungeklärt“ bliebe, und die er auch 1981 bereits von „den katastrophalen Niederschlägen im Zusammenhang mit dem Riesereignis“ herleitete, „eigentlich nur die Region der Südlichen Frankenalb in Betracht“ kommt (so auch SAIER 1985, 106; dagegen ZOBELIN 1995, 36; vgl. unten Anm. 9). Für dieses Herkunftsgebiet der Graupensande treten neuerdings auch BUCHNER et al. (1996) und BUCHNER (1998) ein, die die Graupensande allerdings *nahezu insgesamt* als Ries-Auswurfmassen deuten. Möglicherweise ist die stratigraphische Diskrepanz zwischen dem Auftreten *zweier stark verkieselter* Sedimenteinheiten (unten Graupensande, erheblich höher Wanderblock-Formation bzw. Juranagelfluh) mit der von BUCHNER (1998, 455) diskutierten, aber abgelehnten Ansicht von zwei zeitlich versetzten Meteoriteneinschlägen zu lösen (s. o.).
- ⁷ Der vom Ries-Meteoriten ausgeworfene und weitflächig verteilte Impakt-Bentonit ist außerhalb der Graupensandrinne in den Helicidenschichten im Liegenden des 1-2 m mächtigen Albsteins eingelagert und *signalisiert m.E. ein Problem der Albsteinbildungsdauer*, die auf 1-2 Millionen Jahre angesetzt wird (BUCHNER 1998, 411f.). Der Albstein bildete sich nach BUCHNER auch an den Flanken der Graupensandrinne und sogar am Boden der Rinne selbst *über* dem Impakt-Bentonit (den HOFMANN 1967, 579-583, noch als vulkanischen Tuff ansprach; vgl. BUCHNER 1998, 432, 454). Zwar ist der Albstein auf dem Rinnenboden wohl geringermächtig, dennoch blieb für die Albsteinbildung in der Rinne selbst nach diesen Befunden m.E. nur die kurze Zeit *nach* dem Ausfall des Impakt-Bentonits und *vor* den fluvial rasch herantransportierten und den Albstein bedeckenden impaktüberprägten groben Sedimenten des Basis-Geröllhorizonts der Graupensande (ebd., 405f.).
- ⁸ Bei einem weiteren geringmächtigen Schichtglied, der torfähnlichen Basis-Impaktlage am Boden der Graupensandrinne, leitet BUCHNER (1998, 427-431) die impaktische Herkunft aus Chemismus und Lithologie ab.
- ⁹ Am 11./12. 7. 1997 wurden diese und andere Gesichtspunkte auf der Tagung „Graupensandrinne - Ries-Ereig-

nis“ in Tübingen kontrovers diskutiert (BUCHNER 1998, 451-455). Auch der Schriftleiter der „Jahresberichte“ erwartet, daß u.a. BUCHNERS „Schlußfolgerungen im Einzelnen sicherlich nicht ohne kritische Reaktionen bleiben werden“ (ROTHER 1998, 6). Schon SAIER (1985, 104) hatte, eine Erwägung RUTTES aufgreifend (vgl. Anm. 6), gefolgert, die Sedimentation der Graupensandrinne sei teilweise nach dem Riesimpakt erfolgt (dagegen ZÖBELEIN 1995, 37); er äußert sich jedoch nicht zu biostratigraphischen Fragen.

- ¹⁰ Die Einstufung der nordschweizerischen Wanderblock-Formation in das Miozän ist jedoch umstritten. MÜLLER et al. (1984, 138-140) diskutieren ein pliozänes bis früh-quartäres Alter und erwägen eine Verfrachtung vom vergletscherten Schwarzwald durch Eisströme nach Süden, gestehen aber zu: „Ein Transport durch großflächige Schlammströme (Murgänge) ist ebenfalls denkbar“ (ebd., 140). Eine Vergletscherung in Mitteleuropa – dazu die eines Mittelgebirges! – um die Zeitenwende Tertiär/Quartär ist aus wohl gesicherten klimatologischen Gründen kaum denkbar. RUTTE hat mehrfach darauf hingewiesen, „daß mit der ‘Zeitenwende’ keine Änderung des feuchtwarmen Subtropenklimas zu erfolgen scheint. In Wetterau, Rheingau und Rhön sind in oft hohen Stückzahlen Tapir und Mastodon nachgewiesen. Auf diesen säugerführenden Sedimenten bilden sich Braunkohlen bzw. roterdeartige Verwitterungsbildungen“ (RUTTE 1977, 292; vgl. 1987, 58-69); auf dasselbe Klima weisen gleichaltrige fossile Floren hin (RUTTE & WILCZEWSKI 1995, 73-75; vgl. SCHREINER 1992b, 219). Erst später im Quartär – was im einzelnen umstritten ist und hier nicht diskutiert werden kann – begannen Vereisungen in Mitteleuropa (unterschiedliche Auffassungen z.B. bei RUTTE 1975; 1977; 1987; FRENZEL 1983; SCHREINER 1992b, Teil E/F). Nach RUTTE (1987, 35f.; vgl. auch 49) verzahnen sich Juranagelfluh und Wanderblockformation im nordschweizerischen Laufentbecken, sind also zeitgleich im Miozän gebildet worden; diese Einstufung ist für die (nordschweizerische) Juranagelfluh ohnehin unbestritten (MÜLLER et al. 1984, 129-131).
- ¹¹ Wohl noch zu den jüngsten Ablagerungen der Oberen Süßwassermolasse gehört die früher ins Altplozän, heute ins Obermiozän (Unt. Pannon; Tab. 2) gestellte Fossilagerstätte am Hegau-Vulkan Höwenegg (vgl. SAIER 1985, 112, 123), die u.a. durch *Dinotherium giganteum* und das dreizehige pferdeähnliche *Hipparion gracile* charakterisiert ist (RUTTE 1987, 49f.; SCHREINER 1992a, 99f.). Die gleichen Leitfossilien enthalten auch die französischen Fundstellen im Cantal, aus denen einige Autoren in der zweiten Hälfte des 19. Jahrhunderts *Archaeolithen* genannte, auf menschliche Hersteller zurückgeführte Feuersteinwerkzeuge mit ziemlich differenzierter Abschlagtechnik beschrieben haben. Diese m.E. gut begründete Hypothese wurde auch von manchen deutschen Forschern vertreten (KLAATSCH 1905; VERWORN 1905), konnte sich jedoch nicht als Lehrmeinung durchsetzen und verschwand im 20. Jahrhundert aus der wissenschaftlichen Diskussion (CREMO & THOMPSON 1994, 157-175, 222-229).
- ¹² Viele Beispiele dazu in diesem Journal (Stud. Int. J. 1-5, 1994-1998).
- ¹³ Das ist auch für eine möglicherweise kurze Bildungszeit der Brackwassermolasse in der Graupensandrinne zu bedenken. An der Basis der Grimmelfinger Schichten (Graupensande) wurde eine Lage mit großen Geröllen und Säugerresten gefunden, die zur Säugerzone MN 4a gehören (BUCHNER 1998, 452; vgl. Böttcher 1987, 6), während die Fauna der überlagernden Kirchberger Schichten den Säugerzonen MN 4b und 5 entspricht (vgl. Tab. 2).
- ¹⁴ Zahlreiche Beispiele dazu bei THENIUS (1959).

- ¹⁵ JUNKER & SCHERER (1998) bringen Beispiele für die hohen Ausbreitungsgeschwindigkeiten heutiger Lebewesen während Jahrzehnten. So hat sich der Feldhase binnen 160 Jahren in Asien tausende Kilometer nach Osten ausgebreitet (ebd., 200), und in Nordamerika ist in den letzten 50 Jahren das Nord-Opossum hunderte von Kilometern nach Norden gewandert (DIETERLEN 1978, 16). Die Ausbreitung beweglicher Larven bodenbewohnender mariner Organismen durch Meeresströmungen geschieht noch weit schneller (GEYER 1973, 195f.); sie können im Laufe mehrerer Generationen ganze Ozeane überwinden (SEIBOLD 1991, 41). Ihre Neuansiedlung ist jedoch davon abhängig, ob ihnen die dortigen Lebensbedingungen zusagen.
- ¹⁶ Eine m.E. ausgewogene Zusammenfassung gibt z.B. JÄGER (1997/98); wichtig auch TOLLMANN & TOLLMANN (1993, 27-88).
- ¹⁷ TOLLMANN & TOLLMANN (1993, 286) geben für das Miozän-Aussterben die Zahl 11 Millionen Jahre an. STANLEY (1989, 201f.) datiert es „grob geschätzt“ auf 14 (!) Millionen Jahre, beschränkt es aber auf die Meere, führt es auf Abkühlung der Tiefsee zurück und beurteilt es als „bei weitem nicht mit den großen Katastrophen früherer Zeiten vergleichbar“; in seiner Lehrbuch-Übersicht (STANLEY 1994) wird es nicht einmal erwähnt.

Literatur

- APPEL M (1985) Meteoritisches Eisen auf der Altmühlalb. Z. dt. geol. Ges. 136, 157-166.
- BEYER H (1974) Zur Frage der Herkunft der Kieselsäure in den Alemoniten – ein Diskussionsbeitrag. Aufschluß 25, 427-433.
- BÖTTCHER R (1987) Neue Funde von *Andrias scheuchzeri* (Cryptobranchidae, Amphibia) aus der süddeutschen Molasse (Miozän). Stgt. Beitr. Nat. B 131, 1-38.
- BRÜGGEMANN U (1998) Beschleunigte Mikroevolution bei Guppys. Stud. Int. J. 5, 38-39.
- BÜCHI UP (1959) Zur Stratigraphie der Oberen Süßwassermolasse (OSM) in der Ostschweiz. Eclogae geol. Helv. 52, 449-460.
- BUCHNER E (1998) Die süddeutsche Brackwassermolasse in der Graupensandrinne und ihre Beziehung zum Ries-Impakt. Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N.F. 80, 399-459.
- BUCHNER E, SEYFRIED H & HISCHE R (1996) Die Graupensande der süddeutschen Brackwassermolasse: ein Incised Valley-Fill infolge des Ries-Impakts. Z. dt. geol. Ges. 147, 169-181.
- CHAO ECT, HÜTTNER R & SCHMIDT-KALER H (1983) Aufschlüsse im Ries-Meteoriten-Krater. München.
- CREMO MA & THOMPSON RL (1994) Verbotene Archäologie. Essen.
- DEHM R (1951) Zur Gliederung der jungtertiären Molasse in Süddeutschland nach Säugetieren. N. Jb. Geol. Paläont. Mh. 1951, 140-152.
- DEHM R (1955) Die Säugetier-Faunen in der Oberen Süßwassermolasse und ihre Bedeutung für die Gliederung. In: Erl. geol. Übersichtskarte südd. Molasse 1:300.000. München, S. 81-88.
- DEHM R (1960) Zur Frage der Gleichaltrigkeit bei fossilen Säugetieren. Geol. Rdsch. 49, 36-40.
- DIETERLEN F (1978) Eierlegende Säugetiere und Beuteltiere. Stgt. Beitr. Nat. C 9, 1-32.
- ELDRIDGE N (1994) Wendezeiten des Lebens. Katastrophen in Erdgeschichte und Evolution. Heidelberg.
- FAHLBUSCH V (1981) Miozän und Pliozän – Was ist was? Zur Gliederung des Jungtertiärs in Süddeutschland. Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. 21, 121-127.