Zeitschrift: Mitteilungen der aargauischen Naturforschenden Gesellschaft
Herausgeber: Aargauische Naturforschende Gesellschaft
Band: 31 (1986)

Artikel: Die Schweizer Jura-Nagelfluh : mehrere Schüttungen in kühl- bis kaltzeitlichen Klima-Einbrüchen im Mittelmiozän?
Autor: Hantke, René
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-172784

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

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

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

Download PDF: 13.12.2025

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

In memoriam Prof. Dr. h.c. EDUARD IMHOF

Die Schweizer Jura-Nagelfluh – mehrere Schüttungen in kühl- bis kaltzeitlichen Klima-Einbrüchen im Mittelmiozän?

Von RENÉ HANTKE, Zürich

Résumé: *La Nagelfluh jurassienne en Suisse – épandages de cailloutis sous climat froid au Miocène moyen?*

Jusqu'à ce jour les Nagelfluh jurassiennes à galets cristallins et sédimentaires, provenant de la Forêt Noire et de sa bordure méridionale, étaient considérées, en raison d'intercalations de sédiments fins fossilifères, comme une formation fluviale déposée au cours du Miocène moyen sous un climat tempéré chaud. Il semble toutefois douteux que les bancs conglomératiques, sans structures fluviales imbriquées, se soient déposés dans de telles conditions. Cette remarque prend encore plus de poids lorsqu'on compare ces dépôts avec les séquences pléistocènes. Dans le cas des Nagelfluh jurassiennes on constate également que le relief qui les a engendrées n'a livré, au NW de la Suisse, aucune trace d'anciens cours d'eau. Dans le sud du Jura bâlois cette formation contient des galets de cristallin de plus de 20 cm ainsi que des grès bigarrés et des calcaires coquillés plus grands encore.

L'absence de structures imbriquées dans plusieurs Nagelfluh alpines met en doute leur origine purement fluviale. Ces sédiments, comme ceux du Jura, semblent être liés à des coulées de débris de tailles diverses (Rüfen, Muren), provoquées par rupture de barrages; ces phénomènes sont induits et renforcés sous un climat plutôt froid par l'action du gel, dans des paysages où la couverture forestière est limitée aux zones de basse altitude.

La composition des Nagelfluh alpines, à teneur élevée d'éléments cristallins, p. ex. celles des épandages molassiques du Hohronen et de l'ancienne Iller, ainsi que leurs cailloutis pléistocènes, ne s'explique que par des transfluences glaciaires anciennes provenant de la Bernina et de l'Arlberg. Pour expliquer la formation de cailloutis molassiques et périglaciaires il faut accorder la même attention à la morphogénèse qu'à la tectonique et englober le tout dans un seul système.

Les indices d'alternances répétées de périodes froides et chaudes au cours du Tertiaire récent font admettre que les variations de l'excentricité de l'orbite terrestre, de l'inclinaison de l'axe polaire ainsi que les cycles de la précession avaient déjà influencé le climat, mais encore de façon moins prononcée que celui du Pléistocène.

Problemstellung

Auf Anregung von ALBERT HEIM hat ERNST SCHAAD (1908) versucht, die Kenntnisse über die Jura-Nagelfluh zu sichten, zu ergänzen und zu einer Monographie zu verarbeiten. Seither sind weitere Beobachtungen hinzugekommen: im Basler Jura vorab durch A. BUXTORF (1916), L. HAUBER (1960) und F. STUMM (1964), im Aar-

gau durch A. AMSLER (1922, in FEHLMANN & RICKENBACH 1962) und H. BUSER (1953). Diese Autoren haben zur Auflagerung und Altersabfolge wichtige Ergänzungen beigebracht, zur Genese jedoch kaum neue Gesichtspunkte aufgezeigt.

Im Tafeljura wurden bisher die miozänen Abfolgen über den jüngsten marinen Sedimenten – Helicidenmergel, Süßwasserkalke, Jura-Nagelfluh und Glimmersandsteine – gesamthaft als warmzeitlich betrachtet. Doch haben sich dabei, namentlich bei der Jura-Nagelfluh, stets Probleme ergeben. Bei derart bedeutenden Faziesunterschieden ist – wie bei den quartären Abfolgen – damit zu rechnen, daß nur warmzeitlichen Klima-Charakter beweisende Feinsedimente – intensiv rote Helicidenmergel[1], Süßwasserkalke sowie Mergel und Silte zwischen den Nagelfluh-Bänken – aufgrund ihres Fossil-Inhaltes wirklich warmzeitlich abgelagert worden sind. Für die fossilleere Jura-Nagelfluh des Basler und Aargauer Jura steht dies keineswegs fest; sie kann sehr wohl – analog den pleistozänen Schotterfluren im Vorfeld der eiszeitlichen Gletscher – nicht nur durch eine Verstärkung des Reliefs, sondern auch unter verändertem Klima mit deutlich tieferer Waldgrenze, allenfalls gar im Frontbereich kühlzeitlicher Gletscher und Moränen-Stauseen geschüttet worden sein (HANTKE, 1985a, b). So deutet das von STUMM (1964: 186) NE von Häfelfingen wiedergegebene Profil mit symmetrisch von Mergeln begleiteten Süßwasserkalken und zaghaftem Einsetzen der Nagelfluh auf eine derartige Möglichkeit hin.

Wie schon SCHAAD (1908: 39) festgehalten hat, ist die Zusammensetzung der Jura-Nagelfluh stark unterschiedlich, selbst noch im NE, am Randen, so daß sie «nicht in einem Stromtal abgelagert sein kann, wo die Gerölle durch den langen Transport doch ziemlich gleichmäßig gemischt werden»; sie müßte «durch Anschwemmung verschiedener Bäche und Flüsse entstanden sein». Dabei kommen besonders bedeutende momentane Wassermassen, Muren und Schmelzwässer, die kurzfristig über gefrorenem Untergrund flossen, in Betracht. «Für einen Transport aus dem Basler oder Berner Jura (80–100 km) sind die Gerölle viel zu wenig gerundet und auch zu groß; außerdem muß es doch auffallen, daß die kristallinen Gesteinsarten die kleinen Gerölle bilden», also wohl den größten Transportweg hinter sich haben.

«Auch in bezug auf die Niveauverhältnisse ergeben sich Schwierigkeiten. Die Gerölle müssen aus einer Gegend herkommen, wo die ältesten in den vorhandenen Gesteinsarten ... – Gneise und Granite – noch höher lagen als die jüngsten Sedimente des Abtragungsgebietes.» Am Randen ist das der Grobkalk. Dies kann nur «in einem alten Gebirge der Fall gewesen sein; der Jura aber bestand ja zu jener Zeit noch nicht» – mindestens der auf den Tafeljura aufgeschobene Kettenjura.

So waren letztlich schon vor 80 Jahren die aus beobachtbaren Fakten sich ergebenden Schüttungsmöglichkeiten mit den landläufigen Vorstellungen über die Paläogeographie bei durchweg warmzeitlichem mittelmiozänem Klima-Regime mit der Entstehung der Jura-Nagelfluh nicht in Einklang zu bringen.

[1] L. HAUBER (1960a) verwendet diese Bezeichnung nur für die roten Mergel im Liegenden der Jura-Nagelfluh, im Gegensatz zu C. MOESCH (1867), der auch die Mergel zwischen den einzelnen Bänken so bezeichnet hat.

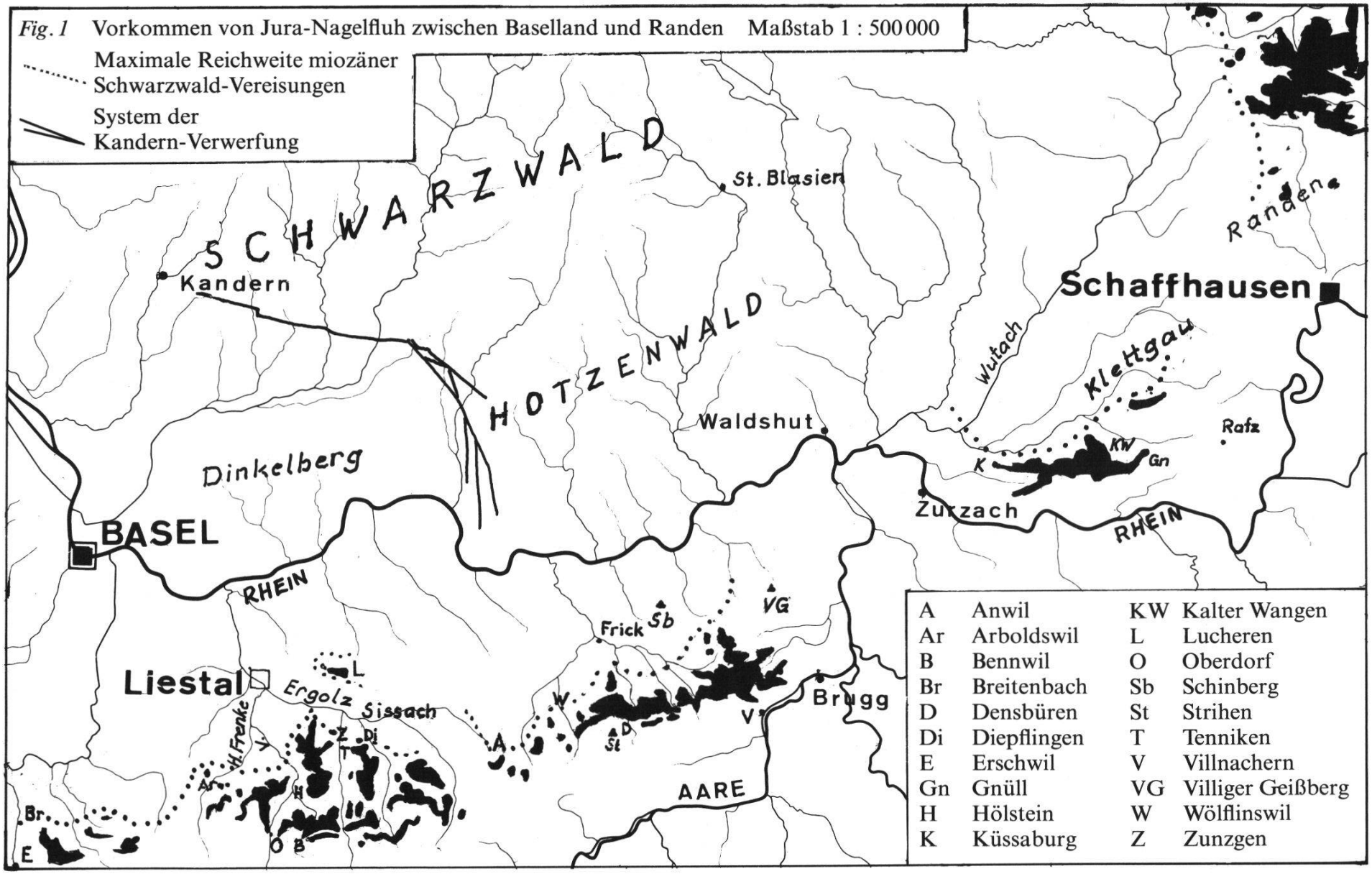

Fig. 1 Vorkommen von Jura-Nagelfluh zwischen Baselland und Randen Maßstab 1 : 500 000

Vorkommen und Mächtigkeit der Jura-Nagelfluh

Die Jura-Nagelfluh bedeckt in Gestalt ausgedehnter Geröll-Schüttungsfolgen in recht unterschiedlicher Mächtigkeit Hochflächen im Basler Tafeljura, vorab S der Ergolz, und zieht sich dann als schmaler Streifen zwischen Tafel- und Kettenjura durch den nördlichen Aargau bis Brugg. Sodann findet sie sich wieder zwischen Hochrhein und Klettgau und auf dem Randen. NE der Randen-Verwerfung Fützen–Wiechs–Thayngen reicht sie bis an die Donau S von Tuttlingen – meist nur in geringmächtigen Bänken, lokal jedoch anschwellend, so am Worberg E von Kommingen gegen 100 m, im Hegau, etwa am Hohenhöwen, gar gegen 300 m (?). In zerstückelten Vorkommen erscheint sie noch am S-Rand der Schwäbischen Alb bis gegen Ulm (SCHAAD, 1908; G. FISCHER, 1933). Die Jura-Nagelfluh bildet somit um den S- und SE-Rand des Schwarzwald-Massivs und seiner Sedimenthülle einen bis 10 km breiten Streifen, der schon ursprünglich nicht zusammenhing (SCHAAD, 1908: 7 und Fig. 1).

Gegen W tritt die Jura-Nagelfluh, etwa vom SE-Rand des Laufener Beckens – besonders SE von Breitenbach – und in der Tonilöchli-Synklinale E von Erschwil, wieder in größerer Mächtigkeit auf (A. WAIBEL, 1925; R. KOCH et al., 1936, 1983; A. BUXTORF & P. CHRIST, 1936).

Polygene Nagelfluh mit bis kopfgroßen Geröllen ist sodann auch aus dem Liegenden der Süßwasserkalke von Vermes im östlichen Delsberger Becken von Corban und Mervelier bekannt (WAIBEL, 1925, KOCH et al., 1936, 1983). Sie dürfte – wie die Vogesen-Schotter im jüngeren Miozän – von den Vogesen geschüttet worden sein (H. LINIGER, 1925; W. T. KELLER & LINIGER, 1930).

Aus Profil-Konstruktionen kommt HAUBER (1960a) im südlichen Baselland, etwa am Dielenberg, auf eine Mächtigkeit der gesamten Jura-Nagelfluh-Abfolge von 180 m; damit dürfte er für die Nordschweiz ihr Maximum getroffen haben. Im Aargauer Tafeljura erreicht sie im Bözberg-Gebiet mit gegen 80 m ihr Maximum. Gegen SW und gegen E läßt sich eine Abnahme der Mächtigkeit und der maximalen Geröllgröße beobachten. Am N-Fuß des Linnerbergs und E von Ursprung ist sie von Oberer Süßwassermolasse – kreuzgeschichteten Glimmersandsteinen mit mergeligen Zwischenlagen – überlagert. SW von Kirchbözberg sind unreglmäßig grobe Kalksandbänke in die chaotisch geschüttete Nagelfluh eingelagert.

Leider fehlen durchgehende Aufschlüsse durch die gesamte Abfolge, vor allem durch die kaum aufgeschlossenen, die Nagelfluh durchsetzenden Feinsedimente, so daß nur Bohrungen und künstliche Eingriffe lückenlose Probenfolgen für erforderliche palynologische Detailuntersuchungen bringen können.

Auflagerung und Relief der Jura-Nagelfluh

Im Basler Tafeljura liegt die Jura-Nagelfluh auf der Lucheren N von Sissach um 615–630 m in einer grabenartigen N–S verlaufenden Senke auf unterem Dogger und Hauptrogenstein (F. v. HUENE, 1900). A. BUXTORF (1901: 98) glaubte noch,

daß sie auf den Tafelbergen N der Ergolz der Erosion anheimgefallen sei: auch nach SCHAAD (1908: 17) wäre sie «auf den Horsten rasch abgespült» worden. Weiter W, auf der bis in den Malm reichenden Kuppe des Schward, die 30–40 m über die Auflagerungsfläche an der Lucheren emporragt, fehlt die Jura-Nagelfluh. Daraus schloß SCHAAD, daß sie in einem von der Tektonik unabhängigen, wenig tiefen miozänen Tal abgelagert worden sei; dort scheint sie jedoch an die jung-oligozäne oberrheinische Horst-Graben-Tektonik gebunden zu sein.

Das Abspülen der oft zu festen Konglomeraten lithifizierten Nagelfluh erfolgt zwar, aber meist nicht so leicht. Wie sich in den Schwyzer Alpen in über 2000 m Höhe ermitteln läßt (HANTKE, 1982), ergäbe bereits reine Lösung bei einer kühlzeitlichen Rate von 0,015 mm/Jahr in 10 Millionen Jahren einen Abtrag von 150 m. Aus der aus Karstquellen austretenden Kalklösung erhielt H. JÄCKLI (1985) mit 0,08 mm gar mehr als das Fünffache. Dies hängt wohl damit zusammen, daß die Kalklösung im Karst unterirdisch weitergeht und zu Einstürzen führen kann. Da aber während des Abtrags die Kalkmächtigkeit abnimmt, ist diese ursprünglich sicher höher gewesen und dann allmählich abgefallen. Anderseits dürften die warmzeitlichen Lösungsraten im S-Schwarzwald mit den etwas geringeren Niederschlägen und – wegen der zusammenhängenden Waldbedeckung des Tafeljuras und der Schwarzwald-Höhen – mit höherer Verdunstung geringer gewesen sein; ein Wert dazwischen, vielleicht 0,025 bis 0,3 mm/Jahr, mag daher realistisch sein.

Ist die Jura-Nagelfluh dagegen kühl- oder gar kaltzeitlich abgelagert worden, so lag die Waldgrenze bis über 1000 m tiefer. Damit mehren sich die Zeiten mit höherer chemischer Löslichkeit. Zugleich vermochte der Frost die Kalke aufzubereiten und sommerliche Schmelzwasser diese zu verfrachten. Die Lösungsraten würden sich aber kaum auf mehr als 0,035, mit dem Abtrag auf 0,04 mm/Jahr erhöhen. Damit ergäben sich für den S-Rand des Schwarzwaldes, wo seit dem Mittelmiozän über 15 Millionen Jahre mit unterschiedlicher Intensität gelöst und in Kühlzeiten auch mechanisch, durch den Frost, das vorstoßende Eis und seine Schmelzwässer abgetragen worden ist, rechnerisch bis gegen 600 m; wahrscheinlich beläuft sich der Abtrag jedoch kaum über 300–400 m. Damit ist aber doch die Möglichkeit, daß diese in Kühlzeiten bereits gegen den Firnbereich gerückt sind, gestiegen.

Auf dem Plateau von Känerkinden–Wittlisburg liegt die Jura-Nagelfluh um 600 m auf unterem Malm bzw. auf Hauptrogenstein. Gegen W erscheint sie oberhalb von Diegten rund 100 m tiefer. Die Bewegungen an den N–S verlaufenden Störungen im Basler Tafeljura dürften bereits vor der Ablagerung der Jura-Nagelfluh erfolgt sein, wie dies auch HAUBER (1960 b) angedeutet hat. Anderseits reicht die Auflagerungsfläche weiter S, bei Dietisberg, bis auf 720 m und fällt im Tal der Vorderen Frenke, bei St. Peter zwischen Nieder- und Oberdorf, bis auf 480 m ab. Ihre Eintiefung dürfte sich seit dem jüngeren Miozän um 80 m bewegen. Zugleich zeichnet sich von der Überschiebungsfläche am Dielenberg zur Vorderen Frenke, im Sackungsgebiet E von Niederdorf, eine Mächtigkeitsreduktion um 60 m ab. Gegen W nimmt ihre Mächtigkeit weiter ab: auf dem Egghübel beträgt sie 35 m, N der Chastelenflue noch gut 10 m. Auch der Bennwiler Bach, ein Zufluß der vorde-

ren Frenke, hat sich seit dem Miozän um mindestens 50 m, im Eiszeitalter – bereits seit der Mindel-Eiszeit – um 35 m eingetieft.

Die recht unterschiedliche Höhenlage der Auflagerung zeigt sich nicht nur im Basler, sondern auch im Aargauer Jura (STUMM, 1964: Strukturkurvenkarte) zwischen Hochrhein und Klettgau, im Randen sowie weiter gegen NE. Die Jura-Nagelfluh kann jedoch kaum als Füllung einer Ur-Donau-Talung mit vom Schwarzwald mündenden Seitentälern gedeutet werden; sie scheint vielmehr *über Relief geschüttete Muren*, lokal gar Ablagerungen kühlzeitlicher Schmelzwässer, zu bekunden. Hiefür sprechen Sedimentstrukturen, Geröll-Anordnung, -Größe und -Inhalt. Daneben dürfte die Entwässerung der helvetischen Sammelrinne zunächst noch gegen W, zum Doubs (F. HOFMANN, 1969; HANTKE, 1980b, 1985b), und erst später, vor rund 9 Millionen Jahren, zur Donau erfolgt sein.

Im Aargau liegt die Auflagerungsfläche rund 100 m tiefer als im Baselland; W von Brugg, bei Umiken, erreicht sie mit 400 m ihre tiefste Lage. Heute fließt dort die Aare auf 340 m. Anderseits ragen im Aargauer Tafeljura Schinberg (722 m) und Villiger Geißberg (700 m) bis 150 m über die höchsten Vorkommen empor. Wie im Baselland liegt die Jura-Nagelfluh – mit Kalk- und Oolithsand als Matrix zwischen den Geröllen – auch auf der Bözberg-Hochfläche lokal auf Oberer Meeresmolasse. Dazwischen schalten sich 0,3 bis über 1 m mächtige, intensiv rote Mergel ein (S. 62). Lokal sind solche auch in die Nagelfluh eingeschwemmt worden, so am Römerweg W des Bözberg-Plateaus. Sie täuschen mit ihren roten Partien warmzeitliches Klima zur Schüttungszeit vor.

Auffällig ist sodann die Mächtigkeitsdifferenz beidseits der Randen-Verwerfung. Dies belegt nicht nur die ältere Existenz der Störung, sondern auch, daß die Jura-Nagelfluh an diese geschüttet worden ist und daß die Störung wohl erst während und nach der Ablagerung der Helicidenmergel funktionierte.

Die schlechte Sortierung, das weitgehende Fehlen dachziegelartiger Einregelungen der Gerölle und jedes autochthonen Fossil-Inhaltes deuten darauf hin, daß die Jura-Nagelfluh nicht einfach als Schüttung von Jura-Flüssen betrachtet werden kann. Dachziegelartige Einregelungen konnte SCHAAD nur NW von Rünenberg andeutungsweise beobachten; aber auch dort berühren sich die Gerölle kaum. Dagegen zeigen sich oft eingelagerte, schräggeschichtete Sandlinsen und im Dach Schrägschichtungen, die eine am Ende auftretende fluviale Phase belegen.

Eingetiefte und mit Jura-Nagelfluh gefüllte Täler scheinen sich erst E des Randen, gegen den Hegau hin, abzuzeichnen (A. SCHREINER, 1961).

Der Geröll-Inhalt der Jura-Nagelfluh im Basler und Aargauer Jura

Die prozentuale Zusammensetzung der Basler Jura-Nagelfluh hat SCHAAD (1908: 11/12) in drei Zählungen festgehalten: an der Lucheren, im Zunzger Hard und bei Dilleten am N-Fuß des Dielenbergs. Dabei bewegen sich die Anteile an Schwarzwald-Kristallin – Graniten, Porphyren und Gangquarzen – zwischen ½ und 2 %, jene von Buntsandstein zwischen 1 und 8 % und jene von Muschelkalk zwischen 20

und 45 %. Lias – Arietenkalk – tritt nur vereinzelt im Zunzger Hard auf. Dogger-Gerölle schwanken zwischen 35 und 55 %, Malm-Geschiebe zwischen 15 und 25 % und tertiäre Süßwasserkalke zwischen 0 und 2 %.

In der Zusammensetzung unterscheidet sich die Aargauer von der Basler Jura-Nagelfluh durch das Fehlen oder doch starke Zurücktreten von Buntsandstein-, Muschelkalk-, Lias- und Unterdogger-Geröllen. Wie eine mit R. GYGI durchgeführte Überprüfung des Geröll-Inhaltes ergeben hat, sind zwar bei Herznach, wo beim Schießstand zwei Schüttungen ohne Einregelung der Gerölle zu erkennen sind, Muschelkalk-Geschiebe noch reich vertreten; Buntsandstein-Gerölle sind jedoch bereits selten geworden. Gerundete Hauptrogenstein-Gerölle herrschen vor; Dogger-Spatkalk- und mikritische Malmkalk-Geschiebe sind reichlich zugegen und erreichen Längen bis 40 cm. SCHAAD (1908: 22) fand selbst noch am Bözberg in einem Steinbruch W von Unter Hafen ein Geröll von rötlichem Schwarzwald-Granit. Lokal besteht die Aargauer Jura-Nagelfluh nach SCHAAD zu 40 bis über 60 % aus Geröllen von Hauptrogenstein, vor allem des oberen, groboolithischen Abschnittes. Ein kleiner Teil dürfte allerdings auch aus dem oberen Oxfordian stammen. Bis 10 % beträgt der Anteil an solchen der Acuminata-(Bajocian) und der Maxillata(= Movelier)-Schichten (Bathonian). Ferner hat schon SCHAAD auch Gerölle aus dem fossilreichen oberen Dogger erwähnt.

W von Umiken, wo sich ebenfalls mindestens zwei Schüttungen erkennen lassen, herrschen unter den Geröllen, die dort Durchmesser bis 15 cm erreichen, solche von Hauptrogenstein und mikritischem Malmkalk vor. Als Matrix treten bedeutende Mengen von aufgearbeitetem Oolithsand auf. Mit R. GYGI konnten festgestellt werden: bioklastische Kalkarenite mit kleinen Ostreïden, wie sie aus dem Dach des Bathonian-Spatkalkes bekannt sind, feinkörnige Unterdogger-Kalkarenite (MOESCHS «neutrale Zone») und braunroter Oolith der Lamberti-Zone, Oolithe mit Ostreïden sowie zwei mikritische Kalk-Gerölle mit Serpuliden und wenig Glaukonit, wie sie im Bözberg-Gebiet in der Crenularis-Schicht auftreten (GYGI, 1969). An Trias-Gesteinen fanden sich einige Dolomite und ein 5 cm großes Buntsandstein-Geröll. Stratigraphisch nicht zuzuordnen sind helle und dunkle Silex-Knollen. Aus dem Tertiär stammen rote Sandsteine mit wenig Glaukonit und Caliche-Krusten um mikritische Kalke. Der Anteil an Malm-Komponenten bewegt sich im Bözberg-Gebiet, wie schon SCHAAD festgestellt hat, zwischen 20 und 45 %. Zuweilen erreichen diese beachtliche Größen und sind vielfach nur kanten- und eckengerundet. W von Kirchbözberg und am Römerweg finden sich mehrere bis 50 cm große Geschiebe (Fig. 2). Vom Rand W von Gallenkirch – der Steinbruch ist größtenteils zugeschüttet – hat schon SCHAAD solche von bis zu 60 cm Durchmesser erwähnt, und am Römerweg konnte gar ein kantengerundetes mikritisches Malmkalk-Geschiebe von über 65 cm gemessen werden. Leider ist die auch urgeschichtlich bedeutsame Stelle jüngst durch einen Vandalenakt stark in Mitleidenschaft gezogen worden.

Nach SCHAAD sind Gerölle aus den Birmenstorfer Kalkbänken und aus denjenigen der Effinger Schichten selten; dagegen sind solche aus den Geißberg-Schichten häufig. Der größte Teil der mikritischen Kalke wurde von SCHAAD den

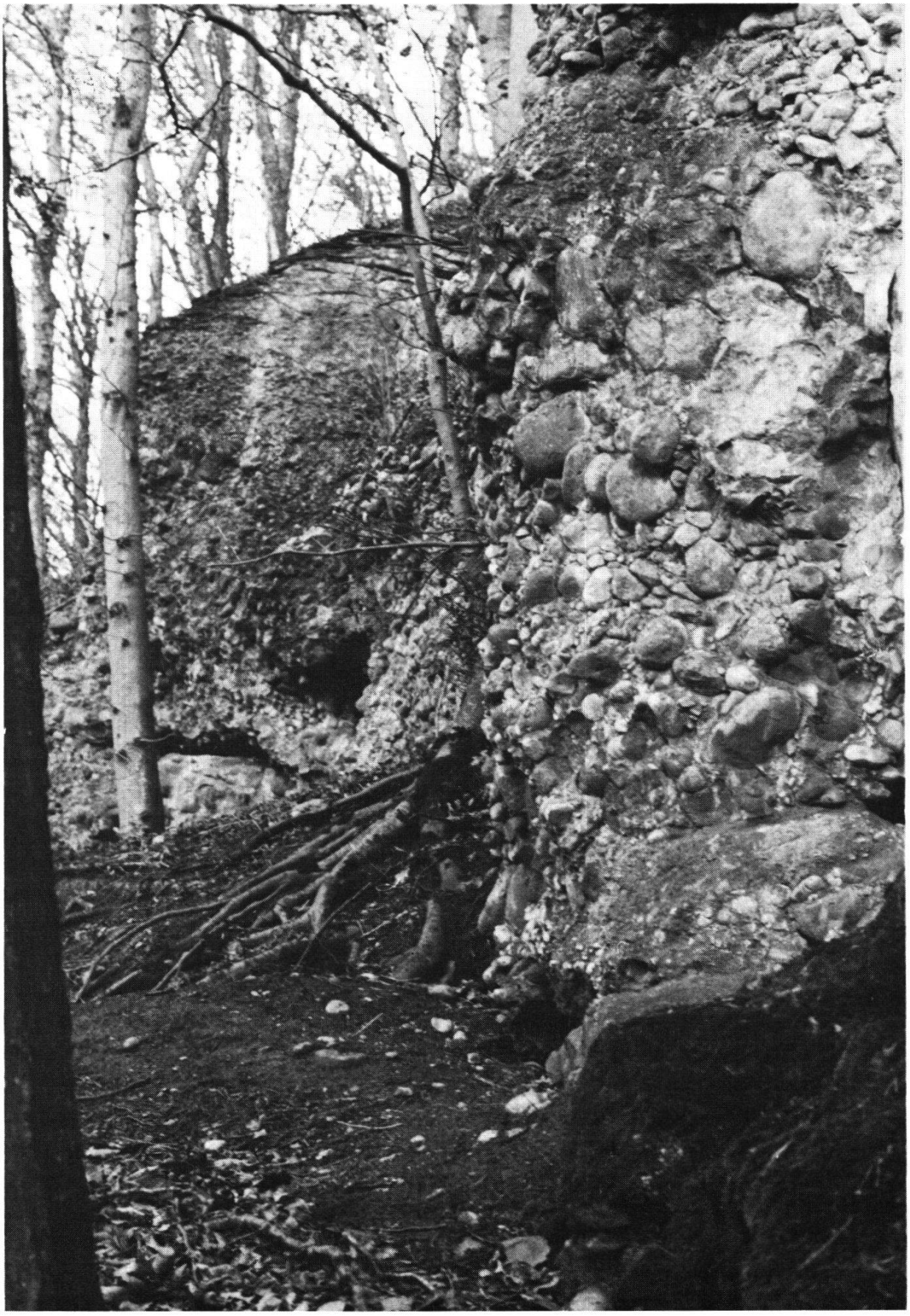

Fig. 2 Jura-Nagelfluh-Aufschluß NNE von Bennwil BL mit bis 20 cm großen Geröllen von Schwarzwald-Kristallin und bis 30 cm großen Geschieben von Buntsandstein und Muschelkalk

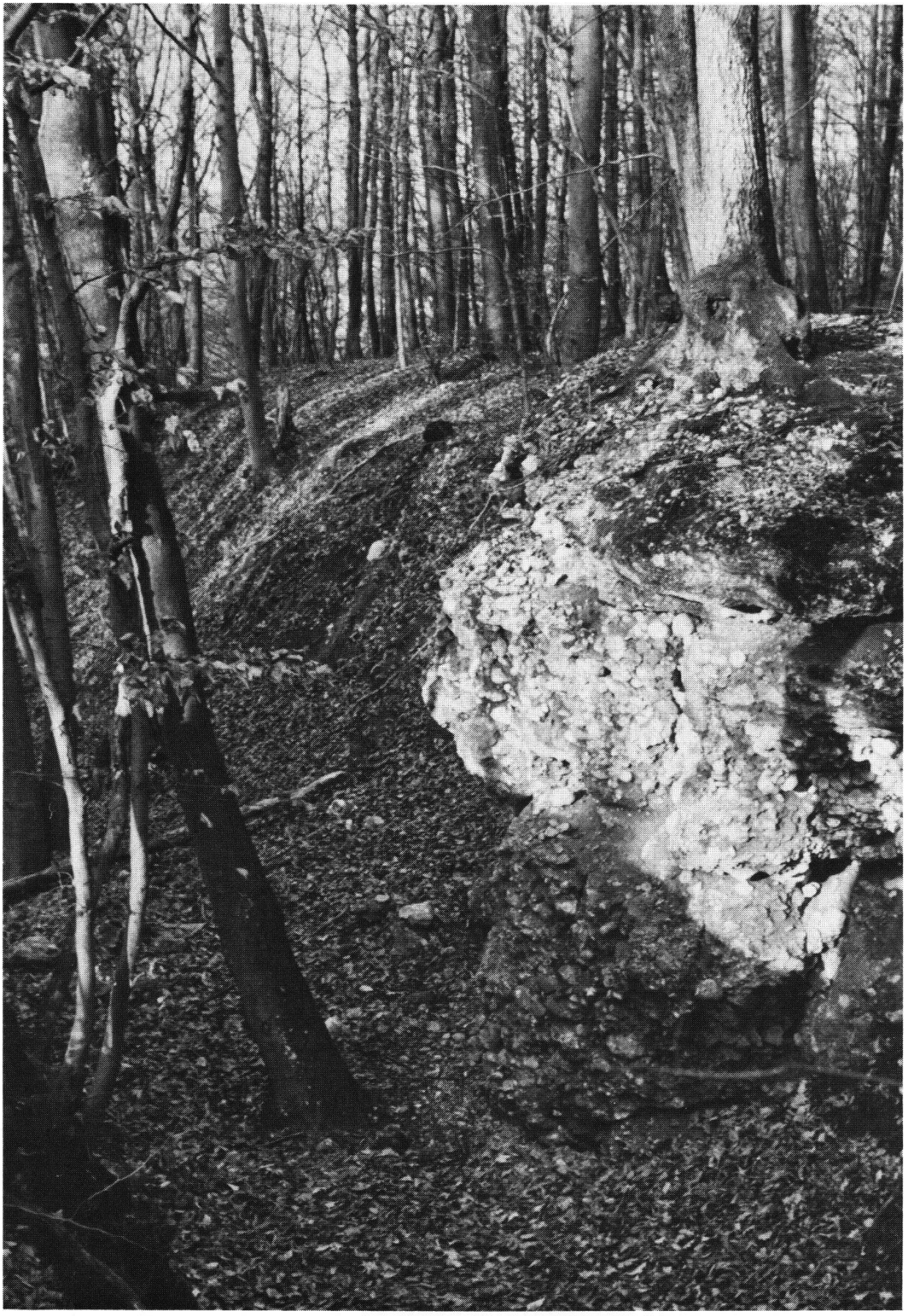

Fig. 3 Durchbruch durch die Jura-Nagelfluh am W-Rand des Bözberg-Plateaus beim Beginn des Römerweges vom Bözberg hinunter nach Effingen AG. Noch anfangs Oktober 1985 wurde an der linken, seither «abgebauten» Basis ein über 65 cm langes Geschiebe gemessen

Wangener und Letzi-Schichten zugewiesen. In den violett-schwarzgrauen feinoolithischen Kalk-Geröllen, die MOESCH (1867a, b) noch als «fremd», als «alpine Hochgebirgskalke», betrachtet hatte, erkannte SCHAAD solche des Oxfordian. Kreide-Gesteine fehlen. Aus dem Tertiär stammen bis 12% – meist Süßwasser – Kalke sowie Knollen und Konkretionen aus den «Helicidenmergeln»; seltener sind Muschelsandstein- und Bohnerz-Gerölle.

Vom östlichen Bözberg-Plateau hat schon MOESCH (1867a) eine detaillierte Geröllanalyse veröffentlicht. Darnach stellte er dort hohe Anteile von Geschieben aus der näheren Umgebung fest:

Gerölle der Letzi-Schichten	ca. 60%	[1]
Gerölle der Wangener Schichten	1%	[1]
Gerölle der Geißberg-Schichten	7%	[1]
Gerölle von «fremden» Gesteinen (Oxfordian)	1%	
Gerölle der Varians-Schichten	2%	
Gerölle des Hauptrogensteins	29%	

Am Römerweg ergab eine Durchsicht mit R. GYGI folgende Ergebnisse: Volumenmäßig herrschen kanten- bis zugerundete mikritische Malmkalke vor. Unter den mittleren und kleineren stehen gut gerundete Hauptrogenstein-Gerölle an erster Stelle. Daneben findet sich wiederum reichlich aufgearbeiteter Oolithsand als Matrix. Ebenso sind oolithische Gesteine, wie sie aus dem oberen Oxfordian der NW-Schweiz bekannt sind, reich vertreten. Charakteristisch sind feinkörnige Kalkarenite des Oxfordian, der «Natica-Schichten». Rote, oolithische und echinodermenreiche Kalke der Murchisonae-Schichten, oolithische Kalke mit Ostreïden aus der Acuminata-Bank, Dogger-Spatkalke und rötliche Oolithe, wie sie im oberen Oxfordian des keltischen Faziesraumes auftreten, sind eher selten, ebenso graue Silices. Dagegen finden sich verschiedentlich Caliche-Krusten auf mikritischen Malmkalken. An Buntsandstein-Geröllen konnte bisher nur ein einziges gefunden werden.

Ein bedeutender Aufschluß von ebenfalls lokal recht großkalibriger Jura-Nagelfluh findet sich S des Hundruggen, NW von Linn (Fig. 3). Auch in diesem Gebiet treten ganz vereinzelt kleine Gerölle von Buntsandstein auf. Auffällig ist sodann das relativ häufige Auftreten von bis 50 cm großen Buntsandstein-Geschieben in Lesehaufen. Sind dies allenfalls solche aus der «Wanderblock»-Formation (vgl. S. 67)?

Alter und Klima-Regime der fossilführenden Zwischenschichten

Die Oberflächen-Verkarstung des Tenniker Muschel-Agglomerates im Profil Steinholden SW von Diepflingen und die darüber liegenden, 1,5 m mächtigen Heliciden-Mergel bekunden eine mittelmiozäne festländische Verwitterungsphase unbekannter Dauer. N von Bisnacht zwischen Hölstein und Tenniken fand darin schon SCHAAD (1908: 15) zahlreiche Heliciden.

Um Anwil und Kienberg liegen auf rund 600 m Höhe, auf einem Niveau, auf dem weiter W die Basler Jura-Nagelfluh auftritt, ausgedehnte, über 70 m mächtige Süßwasserkalke, die in Anwil eine reiche Fauna der Säugerzone nm 8, des jüngeren Miozäns, geliefert haben (J. HÜRZELER, 1939; B. ENGESSER, 1972). SCHAAD fand NE von Anwil «einige Jura-Nagelfluhgerölle auf dem Süßwasserkalk, vermischt mit erratischen Geschieben; sie können also durch einen Gletscher hergebracht worden sein». SCHAAD meinte damit jedoch den pleistozänen Rhone-Gletscher. STUMM (1964: 197ff.) erwähnt weder von Anwil noch von Kienberg-Wölflinswil Jura-Nagelfluh, wohl aber eine Abfolge von über 100 m schlecht aufgeschlossenen Süßwasserkalken, in der Mitte Süßwassermergel mit vulkanischer, apatitreicher Tuff-Einstreuung (F. HOFMANN, 1961). Mit der Ablagerung der Anwiler Süßwasserkalke dürfte beim weiteren Aufstau des Kettenjuras die Entwässerung des Ostschweizer Molassebeckens gegen W ihr Ende gefunden haben.

Nach SCHAAD und STUMM schnitten sich die Jura-Nagelfluh-Flüsse – wohl Schmelzwasserflüsse einer bis an den Tafeljura reichenden Plateau-Verfirnung des Schwarzwaldes – in die mesozoische Unterlage ein und schufen – durch Karbonat-Lösung und mechanische Ausräumung – Rinnen, die mit Nagelfluh wieder eingedeckt wurden. Darüber folgten im Basler Tafeljura, so bei Bennwil, flächenhafte Schüttungen mit vereinzelten Granit-Geröllen (Fig. 4).

Fig. 4 Jura-Nagelfluh an der SW-Wand des Hundruggen NW von Linn AG mit bis 50 cm großen rundlichen Geschieben. Auch dieser Aufschluß zeigt über weite Bereiche keine Spur von dachziegelartiger Einregelung der Geschiebe.
Fig. 2 und 3: Foto *J. Müri,* Gallenkirch AG

Am S-Rand des Tafeljura taucht die Jura-Nagelfluh unter den überschobenen Kettenjura ein, so daß dessen Aufschiebung, mindestens die jüngste Phase, jünger ist als die Nagelfluh-Schüttung. Die Aufschiebung auf das Sundgauer Vorland ist – aufgrund überschobener ältester Schotter – noch später erfolgt (H. LINIGER, 1964). Unter der Halbklippe von Gugger-Gling läßt sich die Jura-Nagelfluh bei Baach SE von Arboldswil als bis 40 m mächtige Abfolge über 1 km weit gegen SSW verfolgen. Bei Läufelfingen und weiter W, bei Erschwil, liegt sie anderseits noch auf der nördlichsten Schuppe des Kettenjuras (WAIBEL, 1925; KOCH et al., 1935, 1983).

Im Aargauer Tafeljura werden zwischen Oberhof und Densbüren rote Helicidenmergel und Jura-Nagelfluh vom Muschelkalk des Strihen überschoben. Eine Entwässerung, zunächst gegen W, später gegen ENE, zu einer Ur-Donau kann nur unter der Aufschiebung des Faltenjuras in jüngeren Abfolgen, in tiefsten Bereichen des gegen SE einfallenden Tafeljuras, stattgefunden haben; dort wäre auch die Feinfraktion abgelagert worden.

MOESCH (1867a: 70, 1867b: 243) entdeckte zwischen Villnachern und Umiken in feinkörniger Nagelfluh, wohl nahe der Basis, zwei Bruchstücke von Stoßzähnen und zwei Backenzähne von Mastodonten, deren Erhaltungszustand (aufgearbeitet?) keine nähere Bestimmung zuließ; FISCHER (1933; 95) führte sie als *Mastodon tapiroides* = *Zygolophodon turicensis* (Schinz) an, das von der Säugerzone nm 4–7 durchhalten soll (K. A. HÜNERMANN, schr. Mitt.). Ob sie etwa in einer fluvialen Frühphase einer Kühlzeit eingeschwemmt wurden?

Ein weiterer Altershinweis ergibt sich im Hegau. Da in der Jura-Nagelfluh weder Basalt- noch Phonolith-Gerölle auftreten, hat die vulkanische Tätigkeit erst *nach* der Schüttung der Jura-Nagelfluh begonnen. Dies bestätigen in den Basalttuffen eingeschlossene Nagelfluh-Brocken: am Osterbühl, am Hohenhöwen, am Höwenegg. Die basaltischen Hegauer Vulkane haben offensichtlich die Jura-Nagelfluh durchschlagen. Ebenso verfingern sich vor 10–15 M a abgelagerte Deckentuffe mit Nagelfluh-Schüttungen, so am Mägdeberg und am Hohenkrähen (SCHREINER, 1961).

Einen Hinweis auf Paläotemperaturen bieten sodann die Wedel-Fragmente von *Chamaerops* in den warmzeitlichen jungmiozänen Sinterkalken des Wannenbergs NE von Tengen. Ein Vulkan-Schlot hat dort die Jura-Nagelfluh durchbrochen; im Krater haben sich in Travertinen Zwergpalmen-Blattreste erhalten. Nach F. HOFMANN (schr. Mitt.) soll der Travertin mindestens 250000 Jahre älter sein als die *Hipparion*-Ablagerungen am Höwenegg (Säugerzone nm 9). Damit ist der Travertin wohl jünger als die Süßwasserkalke im Oehninger Maarsee (nm 7), aus denen ebenfalls Fächerpalm-Reste bekannt geworden sind (O. HEER, 1855; HANTKE, 1984a).

Aufgrund des Auftretens von Zwergpalmen auf Mallorca bis auf 800 m ü. M. und ihres Überdauerns auf der Mittelmeer-Insel in den pleistozänen Kaltzeiten sowie ihres Gedeihens auf den Brissago-Inseln und um Lugano bei analogen Jahresmitteln von 11,5 bis 12 °C (HANTKE, 1984a) dürfte die Paläotemperatur auch in den jungmittelmiozänen Kühlzeiten am Wannenberg kaum viel darunter gefallen sein. Dies um so mehr, als das Rückgewinnen von verlorenem Terrain sich für

Chamaerops mit seinen relativ schweren Samen schwierig gestaltet und auf lokale Bereiche beschränkt bleibt; es sei denn, die Wiederverbreitung wäre etwa durch Zugvögel erfolgt. Dabei fiele allenfalls ein Palmenschwätzer – *Dulus dominicus* – in Betracht. Doch ist dieser heute auf Haiti beschränkt (O. AUSTIN, 1963), so daß sich über eine allfällige frühere jährliche Wanderdistanz nichts aussagen läßt.

Da *Chamaerops* nach der Ablagerung der Travertine des Wannenbergs N der Alpen nicht mehr auftritt, dürften die kühlzeitlichen Paläotemperaturen erst darnach, an der Miozän/Pliozän-Wende, unter 11 °C gefallen sein, was, auf Meereshöhe reduziert, etwa dem heutigen Klima entsprochen hätte.

Gerölle mit Drucklösungs-Dellen

Drucklösungs-Dellen, «Eindrücke», sind in Geröllen der Jura-Nagelfluh wie in der Molasse-Nagelfluh häufig; in pleistozänen Schottern dagegen treten solche nur sehr selten auf. SCHAAD (1908: 47) fand gar, daß die vom überschobenen Kettenjura belasteten Bereiche durchschnittlich mehr «Eindrücke» zeigen als jene auf dem Tafeljura und daß der Druck der überlagernden Gesteinsmassen ihre Bildung begünstigt hätte. Doch treten auch über nicht überfahrenen Bereichen Gerölle mit «Eindrücken» auf. Nach J. FRÜH (1890) entstehen diese durch Lösung im CO_2-Gleichgewicht.

Angebohrte Gerölle (?), Manganoxid- und calcitisierte Überzüge, veraschte und hohle Gerölle sowie solche mit geborstener Oberfläche

Nach MOESCH (1867) und F. J. WÜRTENBERGER (1870) sollen in der Jura-Nagelfluh – im Gegensatz zur Austern-Nagelfluh der Oberen Meeresmolasse – keine angebohrten Gerölle vorkommen. SCHAAD (1908: 18, 50) konnte allerdings vereinzelt solche auch in der Jura-Nagelfluh feststellen, so um Arboldswil und auf Dietisberg. Trotz eifrigen Suchens konnten keine weiteren mehr beigebracht werden. Ob es sich bei den von SCHAAD beobachteten um Relikte der Austern-Nagelfluh gehandelt haben könnte?

Anderseits beobachtete SCHAAD (1908: 51) in der Jura-Nagelfluh, oft lagenweise angeordnet, Gerölle mit braunen und schwarzen Manganoxid-Überzügen, wie sie analog in eiszeitlichen Schottern auftreten. Zu Pulver zerfallene Gerölle, bei denen offenbar der Intergranular-Film zerstört worden ist und die SCHAAD an Dolomite des oberen Muschelkalkes erinnert haben, sind wohl als veraschte Dolomite zu deuten; solche treten auch in dolomitreichen pleistozänen Schottern häufig auf. Hohle Gerölle, wie sie aus Deckenschottern bekannt sind, entstanden durch Auslaugung mit CO_2-haltigen Wässern. Dabei hat sich um die primäre Rinde des ursprünglichen Gesteins eine sekundäre aus «faserigem» Calcit gebildet.

Gerölle mit geborstener Oberfläche und scharfen Rändern an den Rissen sind schon SCHAAD aufgefallen. Da er sie nur an der Oberfläche von Jura-Nagelfluhwänden und dort wiederum nur an mergelig-kalkigen Malm-, Dogger- und Mu-

schelkalk-Geröllen beobachtet hatte, brachte er diese Erscheinung mit der Verwitterung in Zusammenhang. Ob die Ursache des Berstens allenfalls auf einen Impakt-Schock zurückzuführen ist, wie dies HOFMANN (1973) für Gerölle der Oberen Süßwassermolasse annimmt?

Herkunft der Jura-Nagelfluh-Gerölle

Da im südlichen Basler Tafeljura noch bei Bennwil bis 20 cm große Biotitgneise, bis über 30 cm große Buntsandstein-Geschiebe und kantengerundete Muschelkalk-Blöcke von bis zu 28 cm auftreten (Fig. 4), ist die Schüttung allenfalls durch Schmelzwässer eines Belchen-Feldberg-Firns – wie später, zur Zeit der pliozänen «Wanderblock»-Formation – über den noch nicht bis in seine heutige Lage abgesunkenen Dinkelberg erfolgt (HANTKE, 1973).

Die etwas geringer mächtige Aargauer Schüttung auf dem Bözberg-Plateau (Fig. 2) dürfte durch Eis und Schmelzwässer aus dem Hotzenwald über das noch nicht eingebrochene Hochrheintal verfrachtet worden sein.

Auffällig ist sodann das Fehlen von Jura-Nagelfluh im untersten Aaretal und um Zurzach. Ob diese dort völlig abgetragen oder allenfalls auf das schon damals weniger hoch emporragende Areal zwischen St. Blasien und Waldshut, also auf ein niedrigeres Liefergebiet, zurückzuführen ist?

Dagegen setzt die Nagelfluh-Schüttung zwischen Hochrhein und Klettgau E der Küssaburg erneut mit bis 20 cm großen Geröllen ein und hält bis zum Kalten Wangen und zum Gnüll W von Rafz durch. Aufgrund des Geröll-Inhaltes dürfte auch sie von Schmelzwässern geschüttet worden sein. Ihr Liefergebiet ist im SE-Schwarzwald zu beheimaten, an dessen S-Rand ein Schuttriegel geborsten sein muß. Dabei weicht das miozäne Relief – im Gegensatz zum östlich anschließenden Gebiet gegen den Hegau (SCHREINER, 1961) – noch stärker vom heutigen ab. Insbesondere dürfte das untere Wutachtal und der untere Klettgau noch kaum eingetieft gewesen sein, da die sie bedingenden Störungen erst später, mit letzten Bewegungen in der Jura-Faltung, aktiv geworden sind.

Meist lassen sich in der Jura-Nagelfluh mehrere Bank-Abfolgen beobachten. Auf dem Kalten Wangen sollen sich nach WÜRTENBERGER (1870) und SCHAAD (1908: 27) gar deren vier, durch gelbe, feste «Mergelsandsteine mit Pflanzenresten», vorab *Populus* (Pappel)-Arten und *Cinnamomum polymorphum* – Campherbaum – sowie eine Seerose (WÜRTENBERGER, 1870; W. SCHEID, 1929) und durch bröckelige Tonmergel getrennte Nagelfluh-Bänke einstellen. Dies würde darauf hindeuten, daß das Klima dort bereits bei der Ablagerung der mittel- bis jungmiozänen Abfolgen sich mindestens viermal in stärkerem Maß gewandelt hätte. Weitere, sich seitlich ablösende Schotterstränge weisen auf noch zusätzliche Klimaphasen hin.

Daß in späteren, pliozänen Kaltzeiten sich ein mindestens dreifacher markanter Klima-Wechsel in den stark durchwitterten Schottern der westlichen Augsburger Gegend abzeichnet, belegen die Untersuchungen von L. SCHEUENPFLUG (1981) und M. LÖSCHER (1976, schr. Mitt.).

Von den Geröllen der Jura-Nagelfluh des Randens und des Hegaus weisen die Granite auf den SE-Schwarzwald, auf die Gegend von Neustadt, die Porphyre auf jene um Furtwangen (FISCHER, 1933: 17). Sodann treten reichlich Buntsandstein- (bis 15 %) und besonders Muschelkalk-Geschiebe (bis 35 %) auf. Durch Abtrag und Karbonatlösung dürfte der SE-Rand des Schwarzwaldes an Höhe eingebüßt haben; die Hochflächen zwar kaum mehr als 200 bis 250 m, die Täler aber bis mehrere hundert Meter.

Die der Jura-Nagelfluh aufliegende «Wanderblock»-Formation

Im Basler wie im W anschließenden Solothurner Tafeljura liegen über der Jura-Nagelfluh verschiedentlich bis 50 cm lange Geschiebe von meist verkieseltem Buntsandstein, auf Kastel S von Grellingen gar solche bis über 1 m Länge, wie er aus dem Bereich der Kandern-Verwerfung bekannt ist, sowie wenig Schwarzwald-Kristallin in brauner, lehmiger Matrix, in tiefgründig verwitterter Moräne. Auffällig ist auch das Auftreten von bis 50 cm großen Buntsandstein-Geschieben in Lesehaufen auf dem Bözberg.

Die als «Wanderblock»-Formation bekannt gewordene Bildung mit vorab großen Buntsandstein-Geschieben (A. GUTZWILLER, 1910; BUXTORF & KOCH, 1920; LINIGER, 1964) ist wohl als Moräne mit eisverfrachteten Geschieben aus dem südlichen Schwarzwald zu betrachten (HANTKE, 1973, 1978, 1985 b). Auch sie wäre zu einer Zeit abgelagert worden, in der das Hochrheintal mit der Dinkelberg-Platte noch nicht so tief eingesunken war, sich N des Hochrheins eine bis über 1200 m hoch gelegene Hochfläche der Firnbedeckung anbot und die Entwässerung des Alpen-Vorlandes noch gegen NE, zu einer Ur-Donau, erfolgte.

Aufgrund der damals weniger tief zerschnittenen Hochflächen des Schwarzwald-Massivs und seiner südlichen Sedimenthülle sowie der südlichen Reichweite des Schwarzwald-Eises dürfte die klimatische Schneegrenze um 1100–1200 m gelegen haben. Dies würde bei einem Abfall der mittleren Jahrestemperatur um 5–6 °C gegenüber heute bereits eine Absenkung von der gleichen Größenordnung, also ebenfalls von 1100–1200 m, bedeuten. Damit wäre die «Wanderblock»-Formation während einer pliozänen Vereisung erfolgt, die schon fast das Ausmaß der würmzeitlichen inneren Jung-Endmoränen, des Zürich-Stadiums, angenommen und die Blöcke über den späteren Hochrhein-Graben auf den Tafeljura verfrachtet hätte. Daraus ergibt sich, daß schon in früheren Kühl- und Kaltzeiten von Eis und Schmelzwasser verfrachtetes Schuttgut vom Schwarzwald und dessen S-Rand auf den Tafeljura gelangen konnte.

Auswirkungen bedeutender Klima-Einbrüche auf die alpinen Molasse-Schüttungen

Überlegungen, wie sie sich beim Studium der Jura-Nagelfluh aufdrängen, sind nicht ohne gravierende Konsequenzen für die Molasse-Schüttungen der Alpen-Nordseite. Auch in den alpinen Schuttfächern des Miozäns – Guggershörnli–

Gibelegg, Napf, Hörnli, Sommersberg–Tannenberg, Pfänder und Adelegg – sind die Gerölle nur zum Teil dachziegelartig eingeregelt (H. M. BÜRGISSER, 1980, H. SCHOLZ, 1984; S. BERLI, 1985; M. EBERHARD, 1985, 1986), also nicht rein fluvial geschüttet worden. Sie dürften daher ebenfalls teilweise auf kühlzeitliche Murgänge zurückzuführen sein, die durch Frostsprengung bei tiefgelegener Waldgrenze ausgelöst worden sind. Diese haben alpine Gerinne zu Seen aufgestaut, die später durchgebrochen sind und auf den Molasse-Schuttfächern durch Schichtfluten geschüttete Geröllagen zurückgelassen haben. Dabei scheinen die Gerölle im Verhältnis zu den in heutigen Flüssen transportierten Geschieben oft auffallend groß, obwohl ein erheblicher Anteil an pleistozänem glazigenem Schotter- und Molasse-Nagelfluhgut wieder aufgenommen und weiter verfrachtet worden ist und dieses somit nur zum Teil direkt aus dem Liefergebiet stammt. Damit drängt sich auch bei den alpinen Schüttungen ein Überdenken der Fakten und eine Verfeinerung der Untersuchungen, vor allem des Fossil-Inhaltes der Feinsedimente und der darin eingeschlossenen Floren- und Faunen-Sukzessionen auf. Dies um so mehr, als sich in den werdenden Alpen in bestimmten Abschnitten nicht nur Kühl-, sondern zeitweise gar, namentlich im Bereich bedeutender Erhebungen, eigentliche Kaltzeiten eingestellt haben; es sei denn, die Alpen hätten im jüngeren Miozän deutlich höher emporgereicht als heute. Dies traf lokal zu, etwa im Bernina-Gebiet sowie im Bergeller Massiv (HANTKE, 1984b, 1985a, b); die große Höhe führte jedoch nicht nur zu einer Versteilung der N- und S-Abdachung in diesem Querschnitt, sondern zugleich zu einer mächtigen Verfirnung der Hochlagen.

Schon ein Abfall der klimatischen Schneegrenze gegenüber heute von 600 bis 800 m hätte die alpinen Gletscher bereits fast bis an den Ausgang der damaligen Alpentäler vorstoßen lassen. Anderseits ist für die jungtertiären Warmzeiten – aufgrund der Funde pflanzlicher Großreste sowie von Pollenfloren – damit zu rechnen, daß die sich bildenden Alpen 800–1600 m höher hinauf bewaldet waren, was die Erosionswirkung kräftig verminderte.

Für den Grenzbereich Oligozän/Miozän konnte die Existenz von Kaltzeiten mit Eismassen, die von einem bereits bis in andine Höhen emporgestauten Bergeller Massiv und vom östlich angrenzenden Bernina-Gebiet bis ins Becken des Comer Sees reichten, wahrscheinlich gemacht werden (E. JÄGER & HANTKE, 1984; HANTKE, 1984b). Diese Vereisung der Hochgebirge fand ihren Niederschlag auch Inn-abwärts und über bereits existente Pässe ins Oberhalbstein und weiter in die Molasse-Schüttung am oberen Zürichsee, in die Nagelfluh-Schüttungen am Hohronen und am Etzel (HANTKE, 1985a, b), die sich durch einen hohen Anteil an Bernina-Kristallin auszeichnen (K. KLEIBER, 1937). Ihre Schüttung läßt sich am zwanglosesten durch Eistransfluenz aus dem Engadin durch das Oberhalbstein erklären.

Die «Riesenkonglomerate» N der Säntis-Ketten versuchte schon H. RENZ (1938) kühlzeitlich zu deuten, was aber wieder verworfen wurde (K. HABICHT, 1945). In den «Riesenkonglomeraten» im Wißbachtal dürfte aufgrund sedimentpetrographischer Untersuchungen von HOFMANN (schr. Mitt.) ein «Äquivalent» – wohl ein Vorläufer – der Sommersberg-Schüttung zwischen Gais und Altstätten

vorliegen, in der sich ebenfalls bis 74 cm große Geschiebe finden (RENZ, 1938; BERLI, 1985a, b). Auffällig sind sodann die zeitweise reichlich auftretenden Kristallin-Gerölle im Adelegg-Schuttfächer zwischen Isny und Kempten (Allgäu). Auch sie lassen sich nur durch Eistransfluenzen aus dem Arlberg-Gebiet, wo die Silvretta-Decke ihr N-Ende findet, erklären (M. EBERHARD, 1985, 1986).

Zusammenfassung

Während die Jura-Nagelfluh mit Geröllen von Schwarzwald-Kristallin und dessen Hülle – vorwiegend Buntsandstein, Muschelkalk, Dogger, Malm und tertiären Süßwasserkalken – bisher meist als fluvial-warmzeitlich vom südlichen Schwarzwald in die NW- und N-Schweiz geschüttet betrachtet worden ist, ergibt sich schon aus der Literatur, daß in der Deutung von Transportart und Klima-Regime stets große Unsicherheit herrschte.

Viele Feldbefunde geben bei Annahme einer streng fluvialen Schüttung fast unüberwindliche Probleme auf. Bei zwischenlagernden Mergel-Süßwasserkalk-Mergel-Abfolgen steht wohl fest, daß diese – aufgrund ihres Fossil-Inhaltes – warmzeitlich im mittleren bis jüngeren Miozän abgelagert worden sind. Ob jedoch die sie trennenden Jura-Nagelfluh-Bänke, denen streng fluviale, dachziegelartige Einregelungen der Gerölle abgehen, ebenfalls warmzeitlich abgelagert worden sind, scheint recht fraglich. Sie liegen einem deutlichen mittelmiozänen Relief auf, das später durch Bruch- und Überschiebungstektonik weiter akzentuiert wurde. Bis in den südlichen Basler Tafeljura enthalten sie Kristallin-, Buntsandstein- und Muschelkalk-Geschiebe von 20 bis 30 cm Größe.

In den quartären Ablagerungen finden sich warmzeitliche Fossilien in interglazialen und interstadialen Feinsedimenten, während beim Abbau von Schottern nur selten kaltzeitliche Säugerreste geborgen werden können. Zudem zeigen diese Schotter erst weit außerhalb des Eisrandes dachziegelartige Einregelungsstrukturen. Dies läßt uns auch die Bildung alpiner Nagelfluh-Schüttungen neu überdenken und ihre begleitenden Sedimentabfolgen paläontologisch und palynologisch sorgfältig untersuchen. Neben eingeregelten Konglomeratlagen, die fluviale Phasen belegen, deuten zahlreiche Fakten – «Riesenkonglomerate», Geröllgrößen, «torrentielle» Lagerung, das Fehlen von Fossilien innerhalb der Bänke selbst und in feineren Einschaltungen, der scharfe Einsatz und das allmähliche Ausklingen, wie bei der Jura-Nagelfluh – auf Murgänge, auf bei tiefer Waldgrenze und Frostaufbereitung erfolgte kühl- bis kaltzeitliche Schüttungen. Ferner läßt sich der Geröll-Inhalt, etwa die Kristallin-Führung einzelner alpiner Nagelfluh-Schüttungen – des Hohronen- und des Adelegg-Schuttfächers – sowie alt- und mittelpleistozäner Schotter im Iller-System, aufgrund der heutigen Liefergebiete kaum erklären. Dagegen ergeben sich bei Annahme jungtertiärer und pleistozäner Eistransfluenzen über früher angelegte Sättel plausible Lösungen. Ebenso lassen sich verschiedene Täler und ausgeräumte alpine Becken nur durch jungtertiäre Vereisungen alpiner Hochregionen erklären. Dabei gilt es, die Postulate von Gebirgsbau

(Emporstau, Überschiebung, Platznahme) und Morphogenese mit den Bewegungen im Vorland, in den Molasse- und Schotter-Ablagerungen und den späteren tektonischen Bewegungen in Einklang zu bringen.

Aufgrund von Indizien für einen mehrfachen Wechsel von Warm- und Kühlzeiten, wie sie sich weit ausgeprägter im Quartär ereignet haben und wie sie für diesen Zeitabschnitt längst anerkanntes Allgemeingut geworden sind, dürfte sich der diesen Ablauf steuernde Mechanismus auch schon in der jüngeren Tertiärzeit analog vollzogen haben. Damals scheinen jedoch die Amplituden der Paläotemperatur noch etwas geringer gewesen zu sein; anderseits lagen die Temperaturen in den Warm- und Kaltzeiten des Jungtertiärs höher als im Quartär. Damit dürften sich die heute für die Erklärung der quartären Eiszeiten wieder vermehrt herangezogenen Veränderungen der Erdbahn-Elemente und deren Zusammenspiel bei höheren Ausgangstemperaturen schon weit früher als im Eiszeitalter in ähnlicher Weise ausgewirkt haben.

Literatur und Geologische Karten

AMSLER, A. (1922): Beziehungen zwischen Tektonik und tertiärer Hydrographie im östlichen Jura – Eclogae geol. Helv. *16*/5: 511–516.

BERLI, S. (1985a): Geologische Untersuchungen der Sommersberg-Zone (Kantone Appenzell-Außerrhoden und St. Gallen – Dipl.-Arb. Phil. Fak. II Univ. Zürich – Dep. Geol. Inst. ETH.

– (1985b): Die Geologie des Sommersberges (Kte. St. Gallen und Appenzell AR) – Ber. st. gall. natw. Ges. *82*: 108–145.

BRAUN, E. v. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrheingebiet zwischen Zurzach und Eglisau – Eclogae geol. Helv. *46*/2: 143–170.

BÜRGISSER, H. M. (1981): Fazies und Paläohydrologie der Oberen Süßwassermolasse im Hörnli-Fächer (Nordostschweiz) – Eclogae geol. Helv. *74*/1: 19–28.

BUSER, H. (1953: Beiträge zur Geologie von Blatt Bozen (Nr. 33) im Schweizerischen Tafeljura unter besonderer Berücksichtigung des Rhät und unteren Lias in den Nachbargebieten – Diss. Univ. Zürich.

BUXTORF, A. (1900): Über vor- und altmiozäne Verwerfungen im Basler Tafeljura – Eclogae geol. Helv. *6*/2: 176–177.

– (1901): Geologie der Umgebung von Gelterkinden im Basler Tafeljura – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *11*.

– (1916): Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letztern für die Geologie des Juragebirges – Verh. natf. Ges. Basel *27*: 184–254.

– & CHRIST, P. (1936): Erläuterungen zu Blätter 96–99: Laufen–Mümliswil – Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000 – Schweiz. Geol. Komm.

– & KOCH, R. (1920): Zur Frage der Pliocaenbildungen im nordschweizerischen Juragebirge – Verh. naturf. Ges. Basel *31*: 113–132.

EBERHARD, M. (1986a): Litho- und Biostratigraphie im Oberen Süßwassermolasse-Fächer der Adelegg (Südbayern) – Jb. Geol. Bundesanst. (*1986*)/1.

– (1986b): Entwicklung von Sedimentation, Flora, Fauna, Klima und Relief vom Mittelmiozän bis Quartär zwischen Arlberg (Vorarlberg) und Adelegg (Südbayern) – Diss. in Vorbereitung.

ENGESSER, B. (1972): Die obermiozäne Säugetierfauna von Anwil (Baselland) – Tätigk. Ber. natf. Ges. *28*: 37–363.

FEHLMANN, H., & RICKENBACH, H. (1962): Die Eisen- und Manganerze der Schweiz. Die eisenhaltigen Doggererze der Schweiz – Beitr. Geologie Schweiz, Geotechn. Ser. *13*/7.

FISCHER, G. (1933): Die Juranagelfluh Badens – Mitt. Bad. Geol. Landesanst. *11*/3: 91–121.

FRÜH, J.J. (1890): Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz – N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. ges. Natw. *30*.

GYGI, R.A. (1969): Zur Stratigraphie der Oxford-Stufe (oberes Jura-System) der Nordschweiz und des süddeutschen Grenzgebietes – Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. *136*.

GUTZWILLER, A. (1890): Beitrag zur Kenntnis der Tertiärbildungen der Umgebung von Basel – Verh. natf. Ges. Basel *9:* 183–242.

– (1910): Die Juranagelfluh des Laufenbeckens – Eclogae geol. Helv. *11*/3: 293–294.

HABICHT, K. (1945): Geologische Untersuchungen im südlichen sanktgallisch-appenzellischen Molassegebiet – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *83*.

HANTKE, R. (1973): Les dépôts du Quaternaire les plus anciens dans la région frontière France–Allemagne–Suisse, indiquent-ils des glaciacions remarquables du SW de la Forêt Noire? – Ann. Sci. Univ. Besançon, Géol. (3) *18*: 191–195.

– (1978): Eiszeitalter 1 – Thun.

– (1980a): Eiszeitalter 2 – Thun.

– (1980b): Die Obere Süßwassermolasse der Schweiz, ihr Paläorelief und ihre stratigraphische Fortsetzung in die Vogesen-Schüttung – Vjschr. natf. Ges. Zürich *125*/4: 365–374.

– (1982): Zur Talgeschichte des Gebietes zwischen Pragel- und Klausenpaß – Ber. Schwyz. Natf. Ges. *8*: 3–12 – Einsiedeln.

– (1983): Eiszeitalter 3 – Thun.

– (1984a): Die Fächerpalmreste aus der Molasse der Schweiz und ihrer nordöstlichen Grenzgebiete sowie ihr paläoklimatischer Aussagewert – Diss. Bot. *72* (Festschr. Welten): 137–175.

– (1984b): Zur tertiären Relief- und Talgeschichte des Bergeller Hochgebirges, der zentralen Südalpen und der angrenzenden Gebiete – Eclogae geol. Helv. *77*/2: 327–361.

– (1985a): Zur Relief-, Tal- und Klimageschichte der zentralen und östlichen Schweizer Alpen – Vjschr. natur. Ges. Zürich *130*/1: 92–114, *130*/2: 144–156.

– (1985b): Alpine Conglomerate Sequences and Miocene Climate – Episodes *8*/3: 183–184.

HAUBER, L. (1960a): Geologie des Tafel- und Faltenjura zwischen Reigoldswil und Eptingen (Kanton Baselland) – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *112*.

– (1960b): Über das Tertiär im nordwestschweizerischen Tafeljura – Eclogae geol. Helv. *53*/2: 656–668.

HEER, O. (1855): Flora tertiaria Helvetiae *1* – Winterthur.

HOFMANN, F. (1961): Vulkanische Aschen in den Helicidenmergeln des baslerischen, aargauischen und badischen Tafeljuras – Eclogae geol. Helv. *54*/1: 133–136.

– (1969): Neue Befunde über die westliche Fortsetzung des beckenaxialen Glimmersand-Stromsystems in der Oberen Süßwassermolasse des schweizerischen Alpenvorlandes – Eclogae geol. Helv. *62*/1: 279–284.

– (1973): Horizonte fremdartiger Auswürflinge in der ostschweizerischen Molasse und Versuch ihrer Deutung als Impaktphänomen – Eclogae geol. Helv. *66*/1: 83–100.

HUENE F. v. (1900): Geologische Beschreibung der Gegend von Liestal – Verh. natf. Ges. Basel *12*: 293–372.

HÜRZELER, J. (1939): Säugetierfaunulae aus dem oberen Vindobonien der Nordwestschweiz – Eclogae geol. Helv. *32*/2: 193–203.

JÄCKLI, H. (1985): Zeitmaßstäbe der Erdgeschichte – Geologisches Geschehen in unserer Zeit – Basel, Boston, Stuttgart.

JÄGER, E., & HANTKE, R. (1984): Evidenzen für eine Vergletscherung eines alpinen Bergeller Hochgebirges an der Grenze Oligozän/Miozän – Geol. Rundschau *73*/2: 567–575 – Stuttgart.

KELLER, W.T., & LINIGER, H. (1930): Blätter 92–95 Movelier–Courrendlin – Geol. Atlas Schweiz 1:25000 mit Erläut. – Schweiz. Geol. Komm.

KLEIBER, K. (1937): Geologische Untersuchungen im Gebiet der Hohen Rone – Eclogae geol. Helv. *30*/2.

KOCH, R. (1923): Geologische Beschreibung des Beckens von Laufen im Berner Jura – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *48*/2.

– ET. AL. (1936, 1983): Blätter 96–99 Laufen–Mümliswil – Geol. Atlas Schweiz 1:25000 – Schweiz. Geol. Komm.

LEHNER, E. (1920): Geologie der Umgebung von Bretzwil im nordwestschweizerischen Juragebirge – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *47*/2.

LINIGER, H. (1925): Geologie des Delsberger Beckens und der Umgebung von Movelier – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *55*/4.

– (1964): Beziehungen zwischen Pliozän und Jurafaltung in der Ajoie. Mit sedimentpetrographischen Analysen von F. Hofmann – Eclogae geol. Helv. *57*/1: 75–90.

LÖSCHER, M. (1976): Präwürmzeitliche Schotterstratigraphie in der nördlichen Iller-Lech-Platte – Heidelberger Geogr. Arb. *45*.

MOESCH, C. (1867 a): Geologische Beschreibung der Umgebungen von Brugg mit Karte und Profilen – Njbl. natf. Ges. Zürich *69*.

– (1867 b): Geologische Beschreibung des Aargauer Jura und der nördlichen Gebiete des Kantons Zürich – Beitr. geol. Karte Schweiz *4*.

MÜHLBERG, F. (1905): Erläuterungen zu den geologischen Karten des Grenzgebietes zwischen dem Ketten- und Tafeljura im Maßstab 1:25000 – 2. Teil: Geologische Karte des untern Aare-, Reuß- und Limmattales – Eclogae geol. Helv. *8*/5: 487–538.

– Geologische Karte des Hauensteingebietes – Waldenburg–Olten – Geol. Spez.-K. *73* – Schweiz. Geol. Komm.

– (1915): Erläuterungen Nr. 16 zu Geol. Spez.-Karte Nr. 73: Geol. Karte des Hauensteingebietes (Waldenburg–Olten) – Schweiz. Geol. Komm.

RENZ, H. (1938): Zur Geologie der östlichen st. gallisch-appenzellischen Molasse – Jb. st. gall. natw. Ges. *69* (1937–1938): 1–128.

SCHAAD, E. (1908): Die Juranagelfluh – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *22*.

SCHEID, W. (1929): Über die Tertiärpflanzen von Baltersweil, Dettighofen und Bühl im Klettgau – Mitt. Bad. geol. Landesanst. *10*/2: 427–543.

SCHEUENPFLUG, L. (1981): Die Schotterfazies des Augsburger Umlandes – Ber. naturw. Ver. Schwaben *85*/1–2: 14–21.

SCHOLZ, H. (1984): Beiträge zur Sedimentologie und Lithostratigraphie der südwestbayerischen Miozänmolasse – Habil.-Schr. TU München.

SCHREINER, A. (1961): Graupensandrinne, Juranagelfluh und Deckentuff im Hegau – Ber. natf. Ges. Freiburg i. Br. *51*: 245–260.

STUMM, F. (1964): Das Tertiär des Basler Tafeljura. Mit besonderer Berücksichtigung der miocaenen Ablagerung – Eclogae geol. Helv. *75*/2: 153–218.

WAIBEL, A. (1925): Geologie der Umgebung von Erschwil (Gebiet der Hohen Winde) – Beitr. geol. Karte Schweiz N. F. *55*/2.

WÜRTENBERGER, F. J. (1870): Die Tertiärformation im Klettgau – Z. dt. geol. Ges. *22*: 471–581.

Dank

Bei der Musterung des Geröllinventars mehrerer Jura-Nagelfluh-Aufschlüsse wirkte Herr Dr. R. GYGI, Basel, mit. Den Hinweis auf den Palmenschwätzer als möglichen Verbreiter von Zwergpalmen-Samen verdanke ich Herrn P. J. HEIM, jenen über das Alter der Travertine vom Wannenberg Herrn Dr. F. HOFMANN und die zeitliche Reichweite von *Mastodon tapiroides* Herrn Dr. K. A. HÜNERMANN.

Bei der Durchsicht des Textes durfte ich neben Herrn Dr. R. GYGI auf die Herren Dr. A. EGLI und P. JORDAN, bei der Abfassung des Résumés auf Mlle C. SIDLER und M. le Professeur Dr J. P. SCHAER zählen. Das Tippen des Literaturverzeichnisses besorgte Herr M. EBERHARD. Allen Helfern sei herzlich gedankt.

Prof. Dr. René Hantke
Institut für Geologie
ETH-Zentrum
8092 Zürich