

Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Schaffhausen
Band: 36 (1991)

Artikel: Die OMM und OSM im Gebiet des Kleinen Randen (südlicher badischer Klettgau) = Upper Marine and Freshwater Molasse of the area Kleiner Randen (southern Germany, northern Switzerland)
Autor: Graf, Hansruedi
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-584877>

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: 05.02.2026

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

Mitt. natf. Ges. Schaffhausen **36**, 1 – 44 / Schaffhausen 1991

**Die OMM und OSM im Gebiet des
Kleinen Randen
(südlicher badischer Klettgau)**

Upper Marine and Freshwater Molasse
of the area Kleiner Randen
(southern Germany, northern Switzerland)

Von Hansruedi Graf, Gächlingen

Inhaltsverzeichnis:

Zusammenfassung
Summary
Einleitung

1. OBERE MEERESMOLASSE (OMM)

- 1.1. Basiskonglomerat und Streifensandstein
- 1.2. Turritellenkalk
- 1.3. Quarzitnagelfluh
- 1.4. Muschelsandstein und Schiefermergel
- 1.5. Geröllführende Sande
- 1.6. Mittlere Juranagelfluh
- 1.7. Graupensande
- 1.8. Heliciden-Schichten, Vulkanischer Tuff
- 1.9. Albstein
- 1.10. Brekzienkalk
- 1.11. Küstenbildungen
- 1.12. Austernnagelfluh
- 1.13. Melaniensande

2. OBERE SÜSSWASSERMOLASSE (OSM)

- 2.1. Jüngere Juranagelfluh-Formation des Kleinen Randen
 - 2.1.1. Mergel
 - 2.1.2. Kalkarenite
 - 2.1.3. Fossilien
 - 2.1.4. Nagelfluhen
 - 2.1.5. Diagenese und Verwitterung
 - 2.1.6. Süßwasserkalke
- 2.2. Juranagelfluh E des Bohlhofes bei Rechberg
- 2.3. Entstehung der Juranagelfluh-Formation

3. STRATIGRAPHISCHER ÜBERBLICK

Verdankungen
Literaturverzeichnis
Beilagen

Zusammenfassung

Mit Feldaufnahmen und sedimentpetrographischen Untersuchungen werden die Verhältnisse während der Zeit der Oberen Meeres- und Süßwassermolasse im Gebiet des Kleinen Randen (LK 1050, 1051) rekonstruiert. Die spezielle Lage des Gebietes am Nordrand des alpinen Molassebeckens, im Einflussbereich der Sedimentation vom Schwarzwald, den Schweizer Alpen und dem östlichen Alpenvorland äussert sich in komplexen Sedimentzusammensetzungen. Dazu kommen autochthone und lokale Bildungen.

In der Zeit der Oberen Meeresmolasse lieferte der Napf-Schuttfächer marine Sande und Konglomerate. Dies im Wechselspiel mit einer wiederholt auftretenden Grobsandschüttung aus dem Saxo-Thüringischen Frankenwald und einer teilweise grobdetritischen NW-Schüttung aus dem Schwarzwald-Hochgebiet. Die Existenz eines miozänen Proto-Klettgautales, das zeitweise von der Grobsandschüttung benutzt wurde, wird postuliert. Wohl als Folge einer verstärkten Hebung des Schwarzwaldmassivs erhielt die NW-Schüttung in der Oberen Süßwassermolasse überragende Bedeutung. Sie baute im Übergangsbereich der süddeutschen Schichtstufenlandschaft in das Molassebecken einen kontinentalen Schuttfächer auf. Er besteht aus einer komplexen Abfolge von konglomeratischen und sandigen Ablagerungen unterschiedlicher Flusstypen, Murgang- und Schlammstrom-Sedimenten, sowie Paläoböden und limnischen Kalken. In Bodenhorizonten reicherten sich Tuffe der Hegauvulkane an.

Summary

The paleogeography of the area called "Kleiner Randen" is reconstructed through field investigations and sedimentary petrography for the time of the Upper Marine and Freshwater Molasse. The area is situated at the northern border of the Alpine Molasse Basin and influenced by sedimentation from the Black Forest, the Swiss Alps and the eastern Alpine Foreland. This is reflected by complex sediment compositions. Additionally local and autochthonous sediments were formed.

During the Upper Marine Molasse marine sands and conglomerates originating in the Napf alluvial fan interfered with a repeatedly active current bringing coarse sand from the German Frankenwald and partly conglomeratic sedimentation from NW, i.e. the Black Forest-region. The existence of the "Proto-Klettgau-valley" is postulated. As a consequence of pronounced uplift in the Black-Forest region during the Upper Freshwater Molasse the sedimentation from NW reached outstanding importance for the investigated area. At the transition from the Plateau Jura to the Molasse Basin an alluvial fan formed, with a complex succession of sediments of different river types, debris flows, mud flows, paleosoils and lakes. Tuffites originating in the Hegau-Volcanoes are to be found in the paleosoils.

Einleitung

Die vorliegende Arbeit stellt einen Auszug dar aus meiner Diplomarbeit über die Juranagelfluh und ihre Unterlage auf dem Kleinen Randen. Sie wurde in den Jahren 1986 bis 1988 unter der Leitung von Prof. Dr. R. HANTKE an der Universität Zürich verfasst und für die Publikation durch weiteres Literaturstudium und einige Feldbesuche ergänzt. Die

präsentierten Resultate weichen denn auch in einigen Punkten von den in der Diplomarbeit vertretenen ab.

1. Die obere Meeresmolasse (OMM)

1.1. Basiskonglomerat und Streifensandstein

Im Untersuchungsgebiet beginnt die OMM nach v. BRAUN (1953) mit einem Basiskonglomerat. Er gibt (S. 48) in einem Schurf ENE Oberer Juckenhof (ca. 672.300/271.700) das in Tabelle 1 wiedergegebene Profil an. Dieses Profil ist heute nicht mehr zugänglich.

OBERE MEERESMOLASSE	
4 - 5 m	geröllführende Sande und Sandsteine. Größere gelbe und feinere weinrote Lagen wechseln miteinander ab, sporadisch eingestreute Gerölle sammeln sich teilweise zu kleinen Geröllschnüren. Scharfe Untergrenze, Erosionsdiskordanz.
0.4 - 1.4 m	Turritellenkalk, gelb bis bräunlichrot, mit massenhaft eingestreuten Mergelgeröllchen, vereinzelte Quarz-, Quarzit- und Malmkomponenten, reichlich Glaukonit (Grünfleckung). Neben dem schmutzig-tonigen Sandbindemittel bauen das Gestein viele Austern-, Pecten- und Turritellentrümmer auf. Auch Haifischzähne kommen vor. Die Obergrenze ist eine klare Erosionsfläche mit tiefen, steilen Eingriffen des Hangenden ins Liegende. Im Schurfloch wurde eine 0.4 m hohe Stufe angeschnitten. Kontinuierlicher Übergang in das Liegende.
ca. 0.3 m	Streifensandstein, mit unscharfer Ober- und Untergrenze. Es handelt sich um einen mittel- bis feinkörnigen Sandstein, bei dem grün und rötlich gefärbte, steil schräg geschichtete Lagen miteinander abwechseln. Oben führt er massenhaft Austern, gegen unten nimmt er bereits einige Gerölle des Liegenden auf.
0.2 m	Basiskonglomerat, bestehend aus Quarz, Quarzit- und Hornsteingeröllen. Das Bindemittel ist ein weicher, sehr feinkörniger Sandstein. Ca. Kote 500.
UNTERE SÜSSWASSERMOLASSE	
	Grüngraue, siltige Mergel, bilden einen Quellhorizont.

Tab. I: Profil eines Schurfes beim Oberen Juckenhof (ca.: 672.300/271.700) (nach v. BRAUN, 1953)
Excavated profile near Oberer Juckenhof (after v. BRAUN, 1953)

1.2. Turritellenkalk

SE des Juckenhofes (672.300/271.500) liegen Lesesteine eines Schalen-Agglomerates der in Tabelle 1 beschriebenen Art. Die Häufigkeit von *Turritella turris* BASTEROT veranlasste WÜRTEMBERGER (1870) zur Gesteinsbezeichnung "Turritellenkalk". Er erwähnte ausserdem Cardien, Pectiniden, Ostreen und den Hai *Oxirhina hastalis* AGASSIZ. Weiter führt der Turritellenkalk Quarzsand mit Körnern bis 6 mm, runde oder blättrige Glaukonitkörner, sowie kleine Weiss- und Braunjuragerölle. Selten ist etwas Bohnerz eingestreut. Turritellenkalk-Lesesteine

können an zwei getrennten Stellen gefunden werden. Er dürfte also in mindestens zwei Linsen vorkommen. Der rote Krustenkalk E der Küssaburg (1.9.) führt Turritellenkalk-Buchstücke. Dieser war wohl einst auch dort verbreitet.

In seiner Erscheinung gleicht der Turritellenkalk dem Randengrobkalk des Hegaus und dem Muschelagglomerat der Tennikerfluh (BL). Die Fauna, der auftretende Quarzsand, sowie die eingestreuten kleinen Gerölle dürften eine Parallelisierung rechtfertigen. Nach HOFMANN (1967) könnte eine kräftige, küstenparallele Strömung aus NE sowohl für das Zusammenschwemmen des Schalenschilles als auch für die Zufuhr des groben Quarzsandes verantwortlich sein (1.7.).

1.3. Quarzitnagelfluh

Bei der Geländebezeichnung "In den Mösern" ENE Reckingen ist das in Tabelle 2 wiedergegebene Profil aufgeschlossen. Über den bunten Mergeln der Unteren Süsswassermolasse setzt die OMM mit einem rund 5 m mächtigen, an alpinen Quarziten reichen, recht lockeren Konglomerat ein. Es führt weniger als 5% subjurassisches Material (Weiss- und Braunjura). Die Gerölle bleiben unter 6 cm im Durchmesser. Die Matrix besteht aus einem gelbbraunen Fein- bis Mittelsand. Am W-Hang des Kätzlers SE Griessen überlagert die Quarzitnagelfluh in einer Mächtigkeit von 8 m den Weissjura.

SCHOBER (1989) beschrieb vom Gewann "Bitze" SE Bergöschingen einen 5-50 cm mächtigen Aufarbeitungshorizont, der mässig verfestigte Nagelfluhbrocken, gelblich-rötliche Sandsteine, alpine und einzelne grössere bis sehr grosse subjurassische Gerölle führt, und parallelisiert ihn mit der Quarzitnagelfluh.

Zur Entstehungsweise siehe 1.12.

1.4. Muschelsandstein und Schiefermergel

Der blaugrüne, mittel- bis grobkörnige, Hellglimmer-führende Muschel-sandstein (die Bezeichnung bezieht sich auf die Mikrofazies; nicht zu verwechseln mit dem Muschelsandstein der Beckenfazies der OMM) besitzt eine Mächtigkeit von rund 50 cm und besteht aus mehreren, zum Teil schräg geschichteten Bänken. Die Hellglimmer zeigen ansatzweise Umwandlung zu Glaukonit. Er führt massenhaft Muscheltrümmer, vor allem Ostreen, selten kleine, alpine Gerölle und zuweilen glimmer-reiche Mergelgerölle.

2.9 m	Hellbrauner, fein- bis mittelkörniger, stark glimmerführender Quarzsand. An der Basis teilweise knauerartig verfestigt. Führt Gerölle (wie unten) und Austern.	Melaniensand
6.8 m	Lockeres Konglomerat mit Geröllen wie unten. Äusserst häufig Austern, die kaum abgerollt sind. Als Matrixmaterial tritt hellbrauner, glimmerreicher Quarzsand auf. Das Konglomerat ist in Linsen im dm-Bereich stärker verfestigt, dort mit einer Matrix aus graugrünem, glimmerführendem Feinsand. Die Häufigkeit dieser Linsen nimmt nach oben ab.	Austernnagelfluh
0.7 m	Festes Konglomerat mit Geröllen sub-jurassischer und alpiner Herkunft. Matrix aus graugrünem Feinsand mit vielen bunten Gangquarzen bis 1 cm Durchmesser.	Austernnagelfluh
2.5 m	Brauner bis rötlicher, feinsandiger Mergel, horizontal geschichtet, mit dünnen Bänken von graugrünem, feinkörnigem Sandstein.	Schiefermergel
0.5 m	Graugrüner, fein- bis mittelkörniger Sandstein mit farblosem und grünem Glimmer. Kreuzschichtung.	Muschelsandstein
0.4 m	Lockerer, graugrüner Fein- bis Mittelsand mit vielen alpinen Geröllen unter 6 cm Durchmesser.	Quarzitnagelfluh

Tab. 2: Profil durch die Obere Meeresmolasse bei "In den Mösern" (668.500/270.100)
Succession of the Upper Marine Molasse near "In den Mösern"

Über dem Muschelsandstein folgt eine etwa 3 m mächtige Abfolge feingeschichteter, rötlich-brauner bis grauer, feinsandiger Mergel. Die Sandfraktion wird von kantengerundeten Quarzkörnern dominiert, daneben treten auch Bruchstücke dichter Kalke auf. In die Mergel schalten sich mehrere dünne Muschelsandsteinlagen ein.

SCHÖBER (1989) beschreibt ein weiteres Vorkommen von Muschelsandstein und Schiefermergel W des Sandhofes bei Lienheim.

1.5. Geröllführende Sande

Als "Geröllführende Sande" bezeichnete v. BRAUN (1953) mittel- bis grobkörnige, marine Sande, die unterhalb der Austernnagelfluh liegen und im Profil Juckenhof (Tab. 1) den Turritellenkalk überlagern. Die

Sande sind teilweise in Bänken von bis 15 cm Dicke verfestigt. Ihre Farbe kann zwischen hellbraun, ocker, grau oder graugrün schwanken. Es sind Quarzsande, die zum Teil reichlich Glimmer führen (meistens Muskovit, der glaukonitisiert sein kann), etwa 10% Feldspäte und wenig Glaukonitkörner. Das Schwermineralspektrum wird von Epidot dominiert, was auf den Napf-Schuttfächer als Herkunftsgebiet hindeutet (HOFMANN, 1959). Zur Entstehungsweise siehe 1.12.

Stellenweise führen die Sande alpine Gerölle: Plutonite, Metamorphite, verschiedene Arkosen und Sandsteine, graue und schwarze Kalke, Radiolarite, Quarzite und Gangquarze. Die Gerölle erreichen meistens nicht mehr als 4 cm. Am Rohrberg (671.400/271.200) sind in einer Linse Gerölle subjurassischer Herkunft eingelagert. Das Spektrum umfasst die meisten Hartgesteine der mesozoischen Schwarzwaldbedeckung. Im Netzbachtal SE Griessen verzahnen sich die Geröllführenden Sande mit Kalkareniten der Mittleren Juranagelfluh (1.6.).

1.6. Mittlere Juranagelfluh

Die Bezeichnung "Mittlere Juranagelfluh" stellt einen nomenklatorischen Kompromiss dar zwischen der "Älteren Juranagelfluh" des Hegaus, die von SCHREINER (1965) in die USM gestellt wird, und der "Jüngeren Juranagelfluh", die der OSM angehört.

Die Mittlere Juranagelfluh tritt SE Griessen auf beiden Seiten des Netzbachtales sowie rund um den Birnberg auf, in einer Mächtigkeit von bis zu 9 m. Im NW liegt sie als kompaktes Konglomerat auf Weissjura, Siderolith-Formation und Quarzitnagelfluh. Weiter im SE verzahnt sie sich in Form mehrerer Kalkarenitbänke mit den Geröllführenden Sanden. Sie führt ausschliesslich Gerölle der mesozoischen Schwarzwald-Bedeckung und tertiäre Krustenkalke. Letztere kommen in basalen Bereichen als helle, meist laminierte Caliche vor, in höheren Bänken vermehrt als pisolithischer Albstein (1.9.). Die Gerölle erreichen besonders W des Kätzlers (674.700/274.700) beträchtliche Dimensionen: Braunjuragerölle können Durchmesser bis zu 80 cm aufweisen, Muschelkalk- und Weissjuragerölle erreichen noch 50 cm. Die Rundung der Gerölle ist gut bis sehr gut. In mehreren Bänken der Nagelfluh treten polierte bunte Gangquarze und Feldspäte mit Durchmessern bis 1 cm auf, die der Graupensandschüttung entstammen (1.7.).

Die Nagelfluh ist in mehrere umstrukturierte Bänke unterteilt. Das Gefüge der Konglomerate ist mehrheitlich matrixgestützt. Bänke mit korngestütztem Gefüge sind jedoch nicht selten. Diese enthalten häufig

Gerölle mit Drucklösungseindrücken, im Gegensatz zur matrixgestützten Variante.

Die Matrix der Mittleren Juranagelfluh besteht aus Kalksand, meist Bruchstücken dichter Kalke, aber auch Braunjura-Ooide, Echinodermen-Trümmer und Silex sind enthalten. Die Komponenten sind eckig bis kantengerundet.

Auffällig sind geröllförmige, grobsparitisch auskristallisierte Hohlräume. An ihrem Boden kommt oft vadoser Silt vor (Geopetalgefüge), der häufig auch die Spickel in der Grundmasse füllt. Die Hohlräume dürften durch das Herauslösen von Kalkgeröllen oder das Ausspülen von Mergelgeröllen entstanden sein. Einzelne Kalkgerölle blieben reliktsch erhalten.

Als Saum um klastische Komponenten oder an Hohlraumwänden tritt Hundezahn-Zement auf, der nicht selten von sparitischem Kalzit überwachsen wird. Um Echinodermenreste bildete sich syntaxialer Zement.

Entstehung der Mittleren Juranagelfluh

Die Mittlere Juranagelfluh stellt die Reste eines kontinentalen Schuttdeltas dar (alluvial fan), das durch Murgänge, Schlammströme und braided rivers aufgebaut wurde. Die ersten Schüttungen erreichten noch das Molassemeer. Die Mikrofazies zeigt, dass darauf eine kontinentale Phase folgte, die eine Regression des Meeres dokumentiert. Der Schuttfächer war der Verwitterung zugänglich, kalkige Komponenten wurden (an-)gelöst. In derselben Phase dürfte der vadosse Silt eingespült worden sein. Ein Zufluss führte groben Quarzsand heran (1.7.). In der Folge wurde der Schuttfächer vom zurückkehrenden Meer wieder überflutet, wofür der sparitische Zement spricht, der sich vorwiegend in marinem Milieu bildet (FLÜGEL, 1978).

1.7. Die Graupensande

Graupensande sind in der Sandgrube von Riedern (675.000/274.900) und am W-Hang des Kätzlers (674.700/274.700) in einem Weganschnitt aufgeschlossen. Sie liegen in einer Rinne, die im NW in Mittlere Juranagelfluh, Quarzitnagelfluh und Weissjura, im SE in Weissjura und Untere Süßwassermolasse eingetieft ist. Graupensande kommen auch auf dem Hornbuck NW Eichberg vor.

Das Material der Graupensande besteht vorwiegend aus bunten Gangquarzen und Quarziten; angewitterte Feldspäte, vorwiegend

Orthoklas, sind häufig. Als Gesteinsbruchstücke sind alpine und subjurassische Gesteine sowie Lydite vertreten (durch kohlige Substanz schwarz gefärbte Kieseelschiefer mit Quarzklüftchen und Haarrissen). Bohnerze und verkieselte Weissjura-Fossilien sind häufig. Bekannt sind die Buntsandstein-Karneole aus der Sandgrube Riedern. Im allgemeinen sind die Graupensande wenig bis nicht verkittet, einzelne verfestigte Bänke von geringer lateraler Ausdehnung oder ovale Knauer können auftreten. Die Rundungswerte der Sandkomponenten streuen stark, so kommen neben den dominierenden gut gerundeten Körnern auch bloss kantengerundete vor. Die Korngrösse schwankt im Bereich Mittelsand bis Mittelkies (DIN 4022). Über 80% der Körner sind von kugelige Gestalt, es existieren aber auch stengelige Komponenten, die bei einer Dicke von nur 6 mm über 2 cm lang sein können.

Das Schwermineralspektrum zeichnet sich durch Granat- und Staurolith-Reichtum aus.

Die Sandgrube Riedern (Beilage 1)

Die insgesamt etwa 6 m mächtigen Graupensande sind in deltaartigen Schrägschichtungen gelagert. Die Foresets werden auf der ganzen Länge vom Hangenden diskordant abgeschnitten. Ihr Einfallen beträgt durchschnittlich 20° bei einer Fallrichtung von 102°. Dies deutet auf eine Schüttung aus WNW. In einigen Sandbänken ist cross-bedding erkennbar. Im S der Grube liegt quer zur Schrägschichtung eine mit Graupensanden verfüllte Rinne. Darüber folgt ein hellbraunes bis rötliches, 1.6 m mächtiges, heterogenes Konglomerat ("Graupensandkonglomerat" nach SCHÖBER (1989)). Es besteht aus Graupensandmaterial und führt im unteren Teil Schichten oder Linsen mit Geröllen sowohl alpiner wie subjurassischer Herkunft. Während die alpinen Gerölle unter 5 cm bleiben, erreichen die Gerölle des Schwarzwald-Mesozoikums Durchmesser von gegen 15 cm. Die obersten 10 - 15 cm des Konglomerates werden durch einen Kalkarenit gebildet, der fast ausschliesslich aus Trümmern dichter, karbonatischer Gesteine besteht. In geringem Masse führt er Quarz und Feldspat. Auffällig hoch ist der Anteil an Bohnerztrümmern, die in Lagen angereichert sind. Der Arenit ist stark zementiert, vorwiegend durch syntaxialen Zement an Echinodermerresten. Er ist entweder horizontal geschichtet oder zeigt Schrägschichtung. Auf der Schichtoberfläche des Konglomerates sind symmetrische Wellenrippeln erhalten.

Über dem Graupensandkonglomerat folgen 1.4 m mächtige, horizontal geschichtete, dunkelrote, mergelige Quarzsande, die reichlich Hell-

glimmer führen und deren Karbonatanteil etwa 8% beträgt. Die rote Farbe rührt von grossen Mengen korrodierter limonitischer Gemengteile her. Das Graupensandkonglomerat und die roten Feinsande werden im S der Grube von einer Rinne durchbrochen, die wiederum Graupensande führt. In ihrem basalen Bereich liegen subjurassische Gerölle mit Durchmessern bis zu 20 cm. Über der Rinnenfüllung folgen feinkörnige, horizontal geschichtete Graupensande.

Die Graupensande werden auf der Gesamtlänge diskordant von Austernnagelfluh (1.12.) überlagert. Sie führt in ihrer Grundmasse reichlich Graupensandmaterial. Im N Teil der Grube liegen auf den schräg geschichteten Sanden mehrere Feinsandlinsen. Weitere dunkelbraune oder rötliche Feinsandlinsen schalten sich in der Nagelfluh ein. Sie führen Glimmer, besitzen einen Karbonatanteil zwischen 2 und 10% und sind wegen ihres Granat- und Staurolith-Reichtums noch der WNW-Schüttung zuzurechnen.

Auf der Ostseite des nördlichen Grubenendes sind einige Meter Graupensande aufgeschlossen, die neben vielen Feuersteinknollen, stark zersetzte alpine Gerölle führen. Diese Sandbank war wohl eine gewisse Zeit subaerischer Verwitterung zugänglich.

Die schräggeschichteten Sande stellen die Sedimente einer deltaartigen Schüttung aus WNW dar. Die rinnenförmige Verbreitung der Graupensande spricht für eine Trichtermündung, einen Estuar. Im komplexen Aufbau der Sandgrube spiegelt sich das Wechselspiel von Sedimentation, Erosion, Überflutung und Trockenfallen wider, das für dieses Milieu typisch ist. Zusätzliche Komplikationen entstehen durch die Einflüsse der episodisch aktiven subjurassischen Schüttung.

Fauna der Graupensande von Riedern

Seit Beginn des Abbaues bei Riedern war bekannt, dass die Graupensande Zähne und Knochen von Wirbeltieren enthielten. Die bis dato bekannten Funde wurden von STEHLIN (1914) erwähnt. Seither gelangen weitere Funde (Tab. 3).

In der Fauna von Riedern sind Land-, Süsswasser- und Meeresbewohner nebeneinander vertreten. Die Land- und Süsswasser-Wirbeltiere wurden eingeschwemmt, während die Brack- und Salzwasserbewohner autochthon sein dürften. Unter den Landwirbeltieren treten viele waldbewohnende Formen auf, vor allem Hirsch- und Antilopenartige, aber auch waldbewohnende Schweine, Fleischfresser und Elefantennartige. Daneben sind Formen vertreten, die an fliessende oder ste-

Säugetiere: nach STEHLIN (1914). Nomenklatur revidiert von Dr. K. A. HÜNERMANN:

<i>Steneofiber jaegeri</i> KAUP.....	mittelgrosser Biber, lebte an fliessenden Gewässern,
<i>Amphicyon</i> div. spec. darunter	
<i>Amphicyon</i> cf. <i>steinheimensis</i> FRAAS.....	Fleischfresser, eine Form zwischen Wolf und Bär, wahrscheinlich Waldbewohner
Carniv. indet. div.	
<i>Hyotherium sommeringi</i> MYR. var. med.....	kleines Waldschwein
<i>Dicroceros</i> cfr. <i>furcatus</i> HENSEL.....	kleiner Hirsch, Waldbewohner
<i>Palaeomeryx</i> cfr. <i>kaupi</i> MYR.....	grosser Hirsch, Ähnlichkeit mit einer Giraffe, brauchte Bäume oder gar Wald
<i>Lagomeryx meyeri</i> HOFMANN.....	ähnelt der Duckerantilope
<i>Amphimoschus lunatus</i> MYR.....	Moschustier, lebte im Gebüsch
<i>Gomphotherium angustidens</i> CUVIER.....	wärmeliebendes Mastodon, lebte in Busch und Wald
<i>Dinotherium bavaricum</i> MYR.....	hochbeiniger Verwandter des Elephanten mit Stosszähnen im Unterkiefer, lebte in feuchten Gebieten mit Sumpf und reichem Pflanzenwuchs
<i>Brachypotherium brachypus</i> LARTET	wuchtiges, niederläufiges Nashorn, lebte ähnlich wie das heutige Nilpferd
<i>Rhinoceros</i> spec. div. indet.	
<i>Sirenide</i> gen. et spec. indet.....	Sirenen, leben heute sowohl marin, als auch im Brack- und Süsswasser

Sammlung des Paläontologischen Institutes und Museums Universität Zürich:

Amphicyon sp.
Dinotherium sp.

Sammlung F: FALKENSTEIN, Dogern:

Anchitheriomys sp..... Biber mit relativ schwachen Nagezähnen
Dorcatherium sp..... "Hirschferkel", Waldbewohner
 Primate gen. et spec. indet.

Tab. 3: Die Säugetierfauna der Graupensande der Grube von Riedern a.S. (675.000/274.900)

Mammal fauna of the Graupensande in the pit of Riedern a.S.

hende Gewässer gebunden sind, wie Biber und Krokodile. Die eingeschwemmten Landbewohner erlauben einen Blick in das Hinterland des Graupensanddeltas von Riedern. In Verbindung mit den sedimentologischen Daten lässt sich folgendes Bild zeichnen:

Im Hinterland der Trichteröffnung erstreckten sich teils lockere, teils dichte Wälder, die von Seitenarmen und Altwasserläufen des Graupensandstromes durchzogen waren. Das Relief dürfte recht flach gewesen sein; wahrscheinlich existierten auch Sumpfgebiete. Das Klima war warm und feucht.

Herkunft und Paläogeographie der Graupensande

Die Lydite sind wichtige Leitgesteine der Graupensande. Sie entstammen der Silur-Formation des Saxothüringischen Frankenwaldes, von wo auch die Gangquarze und Feldspäte herkommen dürften (HELING,

1966). Die Materialzufuhr aus diesem Gebiet war wahrscheinlich während des gesamten Ottnangian aktiv, denn einige Sedimente dieses Alters enthalten graupensandähnliche Komponenten (1.2., 1.6., 1.8., 1.10., 1.11.).

Die Graupensandrinne des Hegau und der Schwäbischen Alb verläuft, eingetieft in Molasse und Weissjura, längs der "Klifflinie" (KIDERLEN, 1931) parallel zum Nordrand der alpinen Molasse. Sie entstand als Flussrinne von maximal 20 km Breite und 40 m Tiefe während einer Regressionsphase des Molassemeeres. Die eigentlichen Graupensande liegen als meist nur Zentimeter oder Dezimeter mächtige Lage am Boden der Rinne. Erst im S, vor allem bei Benken-Wildensbuch (ZH) und bei Riedern erreichen sie mehrere Meter Mächtigkeit. Nach LEMCKE (1985) stellt die Graupensandrinne die westliche Fortsetzung von Ur-Naab und Ur-Main dar. (Abb.1).

Die Riederner Graupensande unterscheiden sich in mehrfacher Hinsicht von den zürcherischen bei Benken-Wildensbuch: entgegen der

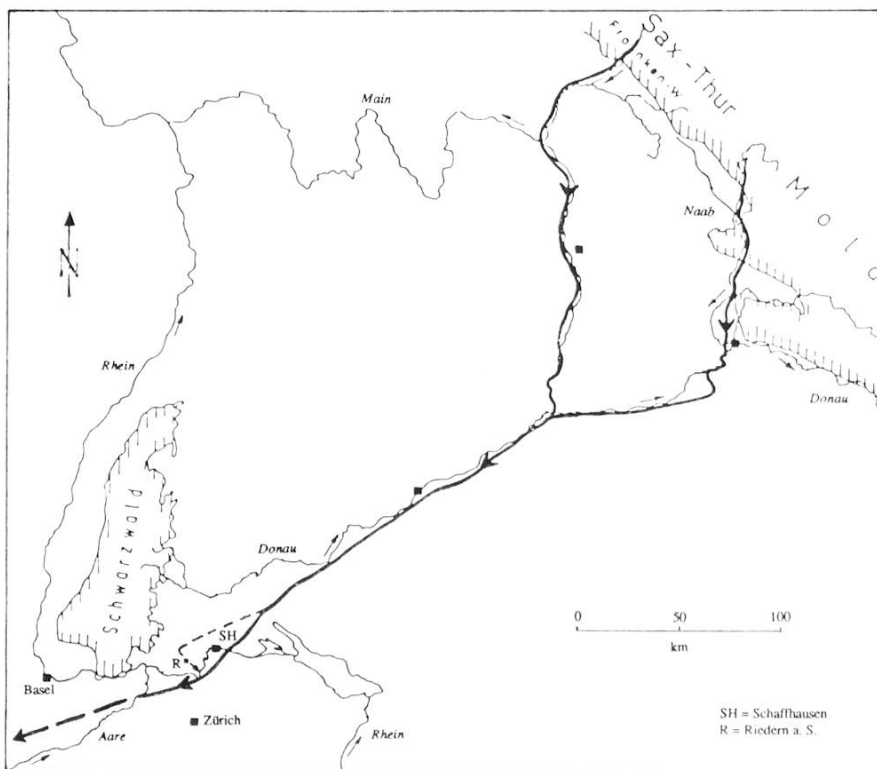


Abb. 1: Liefergebiet der Graupensand-Schüttung (verändert nach LEMCKE, 1985)
Fig. 1: Origin of the Graupensande (after LEMCKE, 1985, changed)

allgemeinen Schüttungsrichtung (aus NNE) wurden die Sande bei Riedern aus WNW hergeführt, scheinbar aus dem Gebiet des Tafeljuras. Sie interferieren mit Juranagelfluh-Bänken und führen in beträchtlichem Masse Bohnerz und subjurassische Gerölle. Wahrscheinlich wurden die Graupensande aus dem distalen Teil der Rinne der Mittleren Juranagelfluh geschüttet. Die Sande müssen also nördlich des Kleinen Randen nach SW transportiert worden sein. Das bedingt die Existenz einer Rinne im Gebiet des heutigen Klettgautales. Dieses "Proto-Klettgau-Tal" wäre N Griessen in die Juranagelfluh-Rinne eingemündet (Abb.2).

Wahrscheinlich besteht eine zeitliche Heterogenität zu den Sanden von Benken-Wildensbuch. Die Graupensandmaterial-führenden Bänke der Mittleren Juranagelfluh entstanden unter kontinentalen Bedingungen. Erst mit fortschreitender Transgression des Meeres wurde der Juranagelfluh-Schuttfächer überflutet und der Graupensand-Estuar entstand. Bei Riedern kann das allmähliche Versiegen der Schüttung aus WNW nachgewiesen werden, ihre letzten Zeugen sind die Feinsandlinsen in der Austernagelfluh. Dies deutet auf das Nachlassen der Transportkraft des Graupensandstromes infolge der relativen Erhöhung der Erosionsbasis durch das vorstossende Meer hin. Dadurch dürfte die Proto-Klettgau-Rinne allmählich aufgefüllt worden sein und der Strom war gezwungen, sich einen anderen Weg ins Molassemeer zu suchen. Dieser verlief in Richtung Benken-Wildensbuch. Dort sind die Sande vollständig marin ausgebildet. Einen weiteren Hinweis auf zeitliche Heterogenität gibt die unterschiedliche Ausbildung der Austernagelfluh in den beiden Gebieten: auf dem Kleinen Randen tritt sie als kompakte Nagelfluh auf, deren Anteil an Graupensandmaterial als aufgearbeitet betrachtet werden kann (1.12.). Demgegenüber erscheint sie bei Benken und weiter im NNE eher als Gerölleinstreuung in den Graupensanden. Dies könnte bedeuten, dass dort die Schüttung von Graupensanden noch anhielt, während sie auf dem Kleinen Randen bereits beendet war.

1.8. Heliciden-Schichten, Vulkanischer Tuff

Auf den steil gegen SE abtauchenden Weissjurakalken E der Küssaburg (669.150/272.800) liegt eine mehrere Meter mächtige Abfolge von roten Mergeln. Sie enthalten Bruchstücke des liegenden Kalkes, wahrscheinlich Hangschutt. Die Rundung der Kalkbruchstücke nimmt gegen unten zu, an der Basis kommen sogar eigentliche Gerölle mit Durch-

messern bis zu 25 cm vor. Einige der Bruchstücke zeigen Spuren bohrender Organismen. Deren Löcher sind bis 2 cm lang und haben einen Durchmesser von 1 - 3 mm. Weiter führt der Hangschutt kleine kristalline Gerölle, groben Quarzsand, Austernschalentrümmer sowie Bruchstücke von Turritellenkalk.

In den Mergeln konnte HOFMANN (1961) Mineralien vulkanischer Herkunft (Magnetit, Apatit, Melanit, Sanidin) nachweisen. Obwohl bisher keine Heliciden gefunden wurden, ermöglichen diese Tuffeinstreuungen die roten Mergel zu den Heliciden-Schichten (im Sinne von ZÖBELEIN, 1985) zu stellen. Die Tuffite konnten bisher keinem bestimmten vulkanischen Ereignis zugeordnet werden. Sie entstammen möglicherweise dem Kaiserstuhl-Vulkan oder einem Vorläufer des sich später etablierenden Hegauvulkanismus.

Die Heliciden-Schichten stellen einen Paläoboden dar (massige Struktur, Heliciden), in dem sich vulkanische Asche anreicherte.

1.9. Albstein

Gegen oben ist der Weissjurakalk-Hangschutt zunehmend durch roten Krustenkalk (Caliche) zementiert, und die Komponenten sind häufig von Kalkkrusten umwachsen. Die Grundmasse besteht aus isolithischen Körnern von bis 2 mm Durchmesser. Einige der Kalkbruchstücke, einschliesslich ältere Krustenkalkstücke, zeigen Schrumpfrisse, die von laminierten Krusten gekittet wurden. In einem der oben erwähnten angebohrten Weissjurakalk-Bruchstücke konnten Bohrlöcher mit laminierten Krusten beobachtet werden.

Dieser Krustenkalk gleicht dem im Hegau und der Schwäbischen Alb verbreiteten Albstein sowohl in der Ausbildung als auch in der Vergesellschaftung mit Heliciden-Schichten und Vulkanischem Tuff vollständig und wird diesem gleichgestellt. In der Grundmasse tritt zudem das für den Albstein typische Faziesfossil *Microcodium elegans* GLÜCK auf.

Die Natur von *Microcodium* war und ist umstritten. Bisher wurde es meist als Grünalge betrachtet (z.B. ZÖBELEIN, 1985). KLAPPA (1978) vertrat aufgrund von Vergleichen mit rezenten Bildungen die Ansicht, es handle sich dabei um das Produkt des Zusammenwirkens von Pflanzenwurzeln und Pilzen, das zur Kalzitisierung von Mykorrhizen führe.

Entstehung von Krustenkalcken (nach GOUDIE, 1973 und REEVES, 1976)

Krustenkalke (oder Caliche) sind festländische Sedimente. Gesteinsbildend treten sie heute in Gegenden mit semiaridem bis aridem oder

mediterranem Klima auf. Bei Ihrer Entstehung wirken komplizierte Zusammenhänge zwischen Niederschlagsmenge, Entwässerungsverhältnissen, Relief, Bodenmaterial und -struktur, Temperatur, Kalzitherkunft usw.:

- Jahresniederschläge von 200 - 500 mm scheinen für den Aufbau von Krustenkalcken ideal zu sein; dabei muss die Verdunstung die Niederschläge mindestens zeitweise übersteigen.

- Das Wasser muss zirkulieren können, daher sind poröse Gesteine oder Böden, die im Bereich der Verdunstung liegen, als Bildungsmedium erforderlich.

- Die Herkunft des Kalzits kann inner-, ober- oder unterhalb des Mediums liegen. Unterhalb des Mediums liegende Kalkquellen bedingen (kapillar) aufsteigendes Grundwasser.

Die Entstehung von Krustenkalcken beginnt mit weichen, dünnen Kalk-Filamenten um Lockerkomponenten. Daraus entwickeln sich solide Umkrustungen, die schliesslich alle Partikel erfassen. Das ursprüngliche Material wird nach und nach chemisch durch Kalk ersetzt. Bei totaler Zementation wird die Wasserzirkulation durch die Caliche unterbunden, und als Abschluss bildet sich zuoberst, durch seitlich abfließendes Wasser, ein laminierter Horizont. Diese kontinuierliche Entwicklung kann durch Schrumpfungen innerhalb der Caliche unterbrochen werden, was zu Brekzienbildung führt. Dadurch können Komponenten von mehreren Krustengenerationen umwachsen sein.

Entstehung und Alter der Heliciden-Schichten und des Albsteins

Fast in seinem gesamten Verbreitungsgebiet ist der Albstein mit den Heliciden-Schichten, einem Paläoboden, vergesellschaftet. Darin entwickelte sich der Albstein aus kalzithaltigen Niederschlagswässern. Der Kalzit dürfte den Weissjurakalken entstammen. Das Wasser floss oberflächlich oder im Bodenprofil in die Helicidenschichten ein, und der Kalzit fiel als Folge hoher Verdunstung aus. Grössere Komponenten, Kalkbruchstücke und auch Heliciden wurden einzementiert. Es dürfte ein warmes Klima mit 200 - 500 mm Jahresniederschlag geherrscht haben, wobei die Verdunstung den Niederschlag mindestens während eines Teiles des Jahres überstieg. Ausserdem scheint ein gewisser Pflanzenbewuchs existiert zu haben (*Microcodium*).

E der Küssaburg enthalten Heliciden-Schichten und Albstein neben Weissjurakalk auch Turritellenkalk-Bruchstücke, sind demnach jünger als dieser. Albstein tritt als Geröll in den höheren Bänken der Mittleren Juranagelfluh auf. Im Hegau kommt er auf dem Boden der Graupen -

sandrinne vor (HOFMANN, 1967). Die Entstehung der Helicidenschichten und des Albsteins dürfte also während der Ablagerung der Graupensande und der Mittleren Juranagelfluh begonnen haben. Das Ende ihrer Bildungszeit ist offen.

1.10. Brekzienkalk

Oberhalb des Wanderweges vom Hinteren Schlosshof Richtung Eichhalden (669.200/272.450) liegt ein Konglomerat, das vorwiegend Weissjurakalk-Bruchstücke und -Gerölle enthält. Seltener sind Braunjurakalke vertreten. Das grösste beobachtete Geröll mass 35 cm. Ein etwa 16 cm durchmessendes Geröll eines weissen Schalenagglomerates war ebenfalls enthalten. Dieses dürfte dem Turritellenkalk (1.2.) entstammen. In der Grundmasse treten grober Quarzsand mit polierten Körnern bis zu 6 mm und Austerentrümmer auf. Häufig sind Bruchstücke verschieden gefärbter, pisolitischer Krustenkalke eingebaut, darunter auch Albstein. Andere Stücke ähneln denjenigen, die an der Basis der Mittleren Juranagelfluh (1.6.) und im marinen Konglomerat der Reutehöfe (1.11.) vorkommen.

Die Matrix des Brekzienkalkes besteht zur Hauptsache aus eckigen Quarzkörnern, Helglimmern mit ansatzweiser Umwandlung zu Glaukonit sowie runden Glaukonitkörnern. Um grosse Gerölle herum kommen immer wieder klastenfreie Matrixnester vor. Der Zement besteht aus sparitischem Kalzit.

1.11. Küstenbildungen

Im folgenden werden reliktsche Vorkommen von in Küstennähe entstandenen, marinen Bildungen besprochen.

NW der Reutehöfe

Im Wald NW der Reutehöfe (672.700/273.450) werden Siderolith-Formation und Ältere Krustenkalke (GRAF, 1988) auf einer Länge von rund 300 m von einem Konglomerat überlagert, dessen alpines Geröllspektrum mit demjenigen der Geröllführenden Sande (1.5.) vergleichbar ist. Allerdings führt es in beträchtlicher Masse Gerölle subjurasischer Herkunft, die durch einen Fluss aus dem Gebiet des Tafeljuras herbeigeführt worden sein dürften. Austernreste in verschiedenen Abrollstadien sind enthalten. Recht häufig sind Krustenkalk-Bruchstück-

ke. Sie sind als hell- bis dunkelbraune pisolithische Caliche, zum Teil mit laminierten Krusten ausgebildet.

Die Matrix besteht aus feinkörnigem, eckigem Quarzsand, der eckige Bruchstücke dichter, subjurassischer Kalke sowie Braunjura-Ooide führt. Daneben treten Hellglimmer mit ansatzweiser Umwandlung zu Glaukonit und runde Glaukonitkörner auf.

Einzelne auftretende Hohlräume sind mit sparitischem Kalzit verfüllt.

Bei den Kohlgruben

NW Reckingen "Bei den Kohlgruben" (668.500/270.100) liegt über geringmächtiger USM ein Konglomerat, das Weissjurakalk-Bruchstücke bis 40 cm Durchmesser und alpine Gerölle enthält. Das Geröllspektrum des alpinen Materials ist mit demjenigen der Geröllführenden Sande vergleichbar (1.5.). In grosser Anzahl kommen Austernschalen aller Abrollstadien vor, manche sind auf Weissjurakalk-Bruchstücken aufgewachsen. Diese sind oft auf allen Seiten mit 2 cm langen und 1 - 3 mm durchmessenden Bohrgängen bedeckt, dürften also durch Wellenschlag bewegt worden sein. Ausserdem führt das Konglomerat Bruchstücke laminierter, pisolithischer Krustenkalke von hellbrauner bis weisser Farbe. Sie weisen Bohrlöcher der gleichen Art wie die Weissjurakalke auf. Die Matrix des Konglomerates besteht aus feinkörnigem Quarzsandstein mit eckigen Komponenten. Daneben sind Hellglimmer, Karbonatbruchstücke, Bohnerzkörner, grober Quarzsand mit Komponenten bis 1 cm Durchmesser und runde Glaukonitkörner enthalten. Die Glimmerplättchen zeigen Ansätze von Glaukonitisierung.

Riedhalden

Auf dem nordwestlichen Ausläufer des Rügihau, der "Riedhalden", liegen Reste eines Konglomerates, das grosse Krustenalk-Bruchstücke führt. Sie erreichen Durchmesser bis zu 13 cm. Die einen bestehen aus Algenlaminar mit Birds-eye-Struktur, während andere pisolithische Struktur besitzen und von gekitteten Rissen durchzogen sind. Ihre Farbe reicht von hellbraun über gelb, dunkelbraun bis zu tiefem braunrot. Auch Onkoide sind häufig, manche inkrustieren kleine Gastropoden (SCHÖBER 1989). Daneben enthält das Konglomerat Weiss- und Braunjurakalk-Gerölle unterschiedlicher Rundung, sowie Silexknollen. In der Matrix des Konglomerates kommen eckige Quarzkörner, Hellglimmer mit Ansätzen von Glaukonitisierung, runde Glaukonitkörner, Karbonat-

sand, sowie grober Quarzsand mit gerundeten, polierten Körnern bis zu 4 mm Durchmesser vor. Das Konglomerat ist mit Kalzit sparitisch zementiert.

Die Krustenkalke dürften lokaler Herkunft sein. Caliche mit Birds-eye-Struktur ist typisch für den Spritzwasserbereich von Meeresküsten (REEVES, 1976). Onkoide entstehen aquatisch in Strandnähe.

Bachselgraben

Oberhalb der Steilstufe der Weissjurakalke tritt N des Bachselgrabens (670.750/271.900) ein Konglomerat auf, das mit demjenigen von "Bei den Kohlgruben" fast identisch ist. Es liegt auf angebohrtem, von Austern und Seepocken bedecktem Weissjurakalk.

Alkeimerholz

Unterhalb des Fundamentes einer Stütze der ehemaligen Seilbahn der LONZA Karbidfabrik (670.700/273.200) liegen geröllführende Kalkarenite, die in maximal 8 cm mächtigen Bänken verfestigt sind. V. BRAUN (1953) gab ihnen die Bezeichnung "Sandkalke". In der Sandfraktion treten überwiegend eckige Kalkzerreissel subjurassischer Herkunft auf, aber auch eckige Quarzkörner, Hellglimmer mit beginnender Umwandlung zu Glaukonit, sowie runde Glaukonitkörner. Die Geröllfraktion umfasst eckige Weissjurakalk-Bruchstücke, gerundete Braunjura- und Muschelkalk-Gerölle, kleine alpine Gerölle (vor allem Granite, Gneise und Quarzite, selten auch Radiolarite) sowie Austernschalen-Trümmer. Ausserdem kommen Bruchstücke hellbrauner, pisolitischer Krustenkalke vor.

Die beschriebenen Bildungen werden miteinander parallelisiert, weil sie mehrere Gemeinsamkeiten aufweisen:

- Auflagerung auf Unterer Süsswassermolasse oder ältere Schichten
- Entstehung marin, im Küstenbereich
- feinkörnige Matrix aus eckigem Quarzsand, der zum Teil durch Kalksand subjurassischer Herkunft maskiert sein kann
- Hellglimmer mit teilweiser Umwandlung in Glaukonit
- runde Glaukonitkörner
- Krustenkalk-Bruchstücke

Altersstellung und Entstehung

Mit Ausnahme der Sandkalke und des Konglomerates NW der Reutehöfe enthalten alle "Küstenbildungen" groben Quarzsand mit polierten Körnern, die wohl der Graupensandschüttung (1.7.) zuzuschreiben sind. Diese endete im Arbeitsgebiet mit dem Einsetzen der Austernnagelfluh. Das Konglomerat bei den Reutehöfen wird von Austernnagelfluh überlagert. Dies lässt ein Alter annehmen das demjenigen der Graupensande und der Mittleren Juranagelfluh entspricht.

Die in den Küstenbildungen enthaltenen Krustenkalke unterscheiden sich deutlich vom Albstein (1.9.). Ob dieser Unterschied stratigraphische Ursachen hat oder ob er nur milieubedingt ist, kann nicht mit letzter Sicherheit gesagt werden. Einerseits enthält die Mittlere Juranagelfluh an der Basis helle und gegen oben vor allem rote Krustenkalke, was auf ein jüngeres Alter des Albsteins hindeutet. Andererseits kommen im Brekzienkalk (1.10) beide Calichtypen vor. Es wäre also denkbar, dass sich der Albstein nur im Bereich mit Bodenbildung (Heliciden-Schichten) in roter Färbung entwickelt hat und die Krustenkalke der Küstenbildungen seine strandnahe Fazies darstellen. Dadurch ergäbe sich die in Abbildung 2 dargestellte paläogeographische Situation.

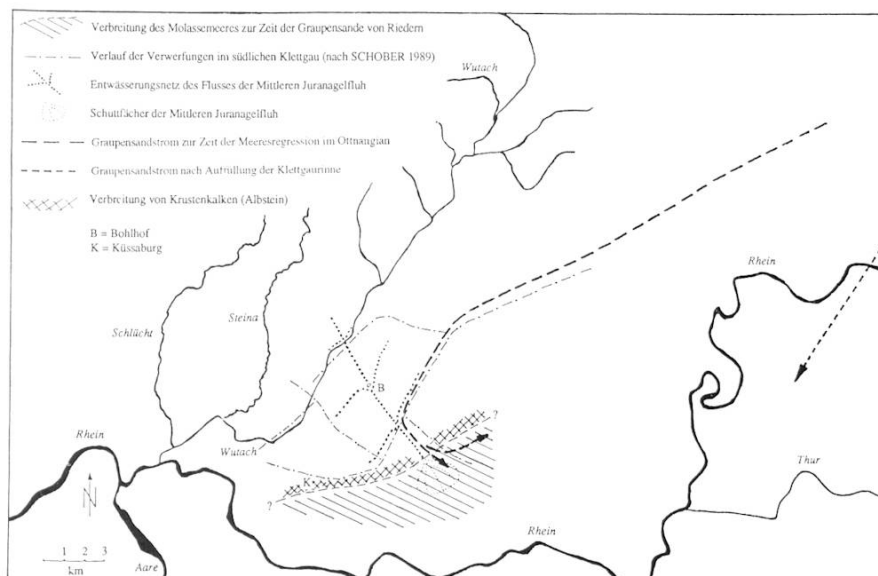


Abb 2: Paläogeographische Situation zur Zeit der Mittleren Juranagelfluh, Graupensande, Albstein, Heliciden-Schichten und deren vulkanischen Tuffiten.

Fig. 2: Paleogeographic reconstruction of the situation at the time of the Mittlere Juranagelfluh, Graupensande, Albstein, Heliciden-Schichten and their volcanic tuffites.

1.12. Austernnagelfluh

Die Austernnagelfluh ist eine polygene Nagelfluh. Ihre Mächtigkeit liegt zwischen 1 - 8 m. Sie bildet fast im ganzen Untersuchungsgebiet einen Leithorizont und eine markante Steilstufe im Gelände. Sie kann sowohl als kompakte Nagelfluh auftreten, wie auch als lockeres Konglomerat mit sandiger Matrix, ebenso in Form einzelner, durch Sandsteinlagen getrennter Bänke oder als umstrukturierte, mehrere Meter mächtige Megabank. Meist liegt sie direkt auf den Mergeln und Sanden der Unteren Süßwassermolasse. Andernorts überlagert sie die Schiefermergel, die Geröllführenden Sande, den Turritellenkalk, die Mittlere Juranagelfluh sowie die Graupensande. Wo beobachtbar, ist die Auflagerung stets diskordant. Die Austernnagelfluh keilt längs einer Linie "in den Mösern" - Alkenhof (671.150/272.450) - Lindenbuck gegen NW aus. Nach oben geht sie in die Melaniensande über (1.13.).

In der Regel liegen die Gerölle in der Austernnagelfluh wirr durcheinander. Nur selten meint man eine horizontale Einregelung zu erkennen. Das Gefüge der Nagelfluhbänke ist durchwegs matrixgestützt. Das deutet auf schlammstromartige Bildungsprozesse hin (Debris flow). Drucklösungseindrücke sind selten und kommen nur im subjurassischen Material vor. Die zuweilen zwischen den Nagelfluhbänken liegenden Sandsteinlagen zeigen Schräg- oder Kreuzschichtung.

Die Austernnagelfluh enthält in wechselnder Häufigkeit Gerölle zweier verschiedener Herkunftsgebiete. Die eine Gruppe, mit Geröllen bis 80 cm Durchmesser, beinhaltet Gesteine der mesozoischen Bedeckung des Schwarzwaldes, dieselben wie die Mittlere Juranagelfluh (1.6). Die zweite Gruppe besteht aus alpinem Material, wobei kristalline und quarzitisches Gesteine dominieren. Diese Gerölle erreichen Durchmesser von bis zu 20 cm. Die subjurassischen Gesteine sind vor allem im Bereich Birnberg-Kätzler sehr häufig (Abb. 3). Die extrem grossen Gerölle sind auf das Gebiet des Kalten Wangen und den Wolfshalter bei Baltersweil beschränkt.

Ein Vergleich des Spektrums der alpinen Gerölle mit den von MATTER (1964) beschriebenen Geröllen der Napf-Nagelfluh zeigt weitgehende Übereinstimmung. HOFMANN (1965) fand Goldflitter in der Schaffhauser Austernnagelfluh, was ebenfalls auf den Napf-Schuttfächer als Herkunftsgebiet hinweist.

Die prozentualen Zusammensetzungen des alpinen Materials der Austernnagelfluh und der OMM-Nagelfluh des Napfgebietes wurden miteinander verglichen. Jeweils 3 - 4 "repräsentative" Geröllanalysen aus Arbeiten über verschiedene Gebiete des Napf-Schuttfächers wur-

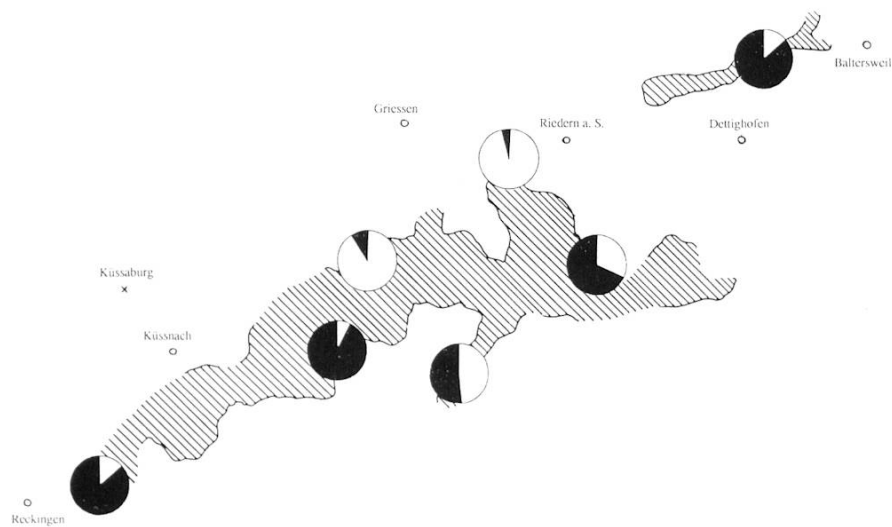


Abb. 3: Verhältnis von subjurassischen zu alpinen Geröllen in 7 Austerndagelfluh-Proben: subjurassische Gerölle: weiss; alpine Gerölle: schwarz.

Fig. 3: Ratio of subjurassic to alpine pebbles in 7 samples of Austerndagelfluh: subjurassic pebbles: white; alpine pebbles: black.

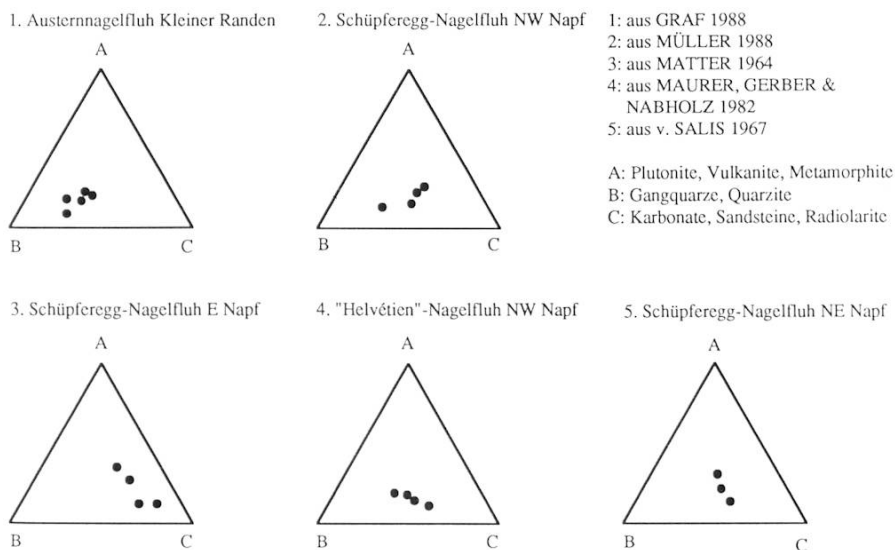


Abb. 4: Vergleich der Geröllzusammensetzung des alpinen Materials der Austerndagelfluh des Kleinen Randen mit der "Helvétien"-Nagelfluh des Napf-Schuttfächers. (Darstellung nach SCHLÜCHTER, 1975)

Fig. 4: Comparison of the pebble composition of the Austerndagelfluh at Kleiner Randen with the "Helvétien"-Conglomerates of the Napf alluvial fan. (Graphic after SCHLÜCHTER, 1975)

den 5 Austernnagelfluh-Analysen gegenübergestellt (Abb. 4). Das Verhältnis Kristallin/Sedimente zeigte dabei kaum Variationen. Dies im Gegensatz zum Anteil des Quarz-Materials: im proximalen Bereich des Napf-Schuttfächers (MATTER, 1964) ist dieser am kleinsten. Die distaleren Napf-Gebiete zeigen untereinander keine signifikanten Unterschiede, aber überall ist der Quarz-Gehalt deutlich höher. Dies dürfte auf den längeren Transportweg zurückzuführen sein. Die Austernnagelfluh besitzt zwar einen noch grösseren Quarz-Anteil, doch ist dieser nicht so bedeutend, wie die grosse Distanz zum Napf-Gebiet es vermuten lassen würde.

Matrix und Zement der Austernnagelfluh

Die Matrix der Austernnagelfluh ist sehr variabel (Tab. 5). Verschiedene Materialien kommen sowohl allein als auch gemischt vor. Bänke mit einem vorherrschenden Matrixmaterial können Linsen (meistens im dm-Bereich) mit anderer Matrix enthalten. Alle Matrixtypen sind mit bestimmten Sedimenten des Arbeitsgebietes vergleichbar (Tab.4). Wahrscheinlich sind diese durch die Austernnagelfluh-Schüttung aufgearbeitet worden. Dies trifft sicher für das siltige, das kalkarenitische sowie das Graupensand-Material zu, da sie nichtalpinen Gebieten entstammen.

Eine besondere Stellung nimmt das Melaniensand-Material ein. Es bildet im Hangenden der Austernnagelfluh eine eigenständige lithologische Einheit (1.13.). Der Übergang zwischen den beiden Bildungen ist

<u>Matrix-Material</u>	<u>Vergleichs-Sediment</u>	<u>Zementation</u>
a: gelber, schwach toniger Kalksilt (nur auf dem Kätzler, SE Griessen)	Vadoser Silt der Mittleren Juranagelfluh	gut
b: Kalksandstein mit eckigen Komponenten und Ooiden. In verschiedenen Korngrössen.	Matrix der Mittleren Juranagelfluh	sehr stark
c: polierter Quarzsand der Grobsand bis Mittelkies-Fraktion	Graupensande	mässig, bröcklig
d: fein- bis mittelkörniger, glimmerreicher, hellbrauner Quarzsand	Melaniensande (siehe 4.12.)	keine
e: feinkörniger, ockerfarbener, Glimmer und Glaukonit führender arenitischer Quarzsand	Matrix des marinen Konglomerates NW der Reutehöfe (siehe 4.5.1.)	mässig, mürb
f: grauer, mittel- bis grobkörniger, glimmerführender Quarzsand	Geröllführende Sande	gut

Tab. 4: Gegenüberstellung der verschiedenen Matrixmaterialien der Austernnagelfluh und vergleichbaren Sedimenten des Arbeitsgebietes. Die Abhängigkeit der Zementationsqualität vom Matrixmaterial.

Comparison of the different matrices of the Austernnagelfluh and some other sediments in the investigated area. Coherence between matrix and quality of cementation.

fließend. Im Profil "In den Mösern" (Tab. 2) liegen die Austernnagelfluh-Gerölle in fast reiner Melaniensand-Matrix.

Wo die Austernnagelfluh als festes Konglomerat auftritt, ist sie kalzitisch zementiert. Es lassen sich oft zwei Zementgenerationen unterscheiden: mikritischer A-Zement, der von sparitischem B-Zement überwachsen wird. In der Regel sind karbonatische Gerölle stärker einzementiert als kristalline. Für den Grad der Verfestigung ist das Matrixmaterial entscheidend (Tab. 4).

Fossilinhalt

Die Austernnagelfluh führt neben seltenen Haifischzähnen eine Austernfauna, die lokal sehr individuenreich sein kann. WÜRTENBERGER (1870) und GÖHRINGER (1915) konnten 10 verschiedene Arten unterscheiden.

Die Austern liegen in verschiedenen Abrollstadien vor, ganze Klappen sind selten. Austern in Lebensstellung, das heisst auf einem Substrat aufgewachsen oder mit beiden Klappen, konnten bisher nicht nachgewiesen werden. Bei "In den Mösern" (Tab. 2) ist die Austernpopulation sehr individuenreich und die Exemplare sind nur wenig abgerollt.

Mächtigkeit	Max. Gerölldurchmesser	Matrixmaterial	Vergleichssediment
0.5 m	6 cm	sehr grober Quarzsand mit polierten Körnern	Graupensande
0.12 m	10 cm	feinkörniger, ockerfarbener, Glimmer- und Glaukonit-führender arenitischer Quarzsand und sehr grober Quarzsand mit polierten Körnern	Konglomerat NW Reutehöfe Graupensande
0.3 m	6 cm	sehr grober Quarzsand mit polierten Körnern	Graupensande
0.35 m	35 cm	Kalkarenit aus eckigen Kalkbruchstücken und fein- bis mittelkörniger, hellbrauner, Glimmerreicher Quarzsand	Matrix der Mittleren Jurana-gelfluh Melaniensande
0.45 m	14 cm	grauer, mittel- bis grobkörniger, Glimmer-führender Quarzsand	Matrix der Gerölfführenden Sande
0.15 m	18 cm	feinkörniger, ockerfarbener, Glimmer- und Glaukonit-führender arenitischer Quarzsand und sehr grober Quarzsand mit polierten Körnern	Konglomerat NW Reutehöfe Graupensande

Tab. 5: Variation des Matrixmaterials in einem Austernnagelfluh-Profil (Pick-Nick-Platz Baltersweil 679.800/276.700): maximaler Gerölldurchmesser, Matrixmaterial, Vergleichssediment.

Profile of Austernnagelfluh showing the variation of maximum pebble dimensions and matrices.

W des Birnberges (673.500/273.750) wurde oberhalb einer dünnen, an Bohnerzkugeln reichen Lage, eine bioturbirte Kalkarenitlinse gefunden. Die Komponenten sind stark zersetzt, die Korngrenzen unter dem Mikroskop nur schlecht zu erkennen. Diese Arenitlinse enthielt Seeigelstacheln und Foraminiferen (Milioliden).

Entstehung der Austernagelfluh

Die Austernagelfluh wurde durch mehrere debris-flow-artige Ereignisse gebildet. Deren Dimensionen können nicht abgeschätzt werden, da die Bankung nur in den Aufschlüssen erkennbar und nicht weiter zu verfolgen ist. Eine Entstehung in marinem Milieu wird durch die Art der Zementation, die Schichtungen in den Sandsteinbänken und die Fauna impliziert. Die Ereignisse besaßen eine bedeutende Erosionsleistung, denn nicht nur die Sandfraktion (mit Ausnahme des Melaniensandes), sondern auch ein Teil der subjurassischen Gerölle (Drucklösungseindrücke) muss als aufgearbeitet betrachtet werden. Besonders im Gebiet SE Griessen muss aber mit der gleichzeitigen Zufuhr von Detritus aus NW gerechnet werden.

Leider scheinen keine vergleichbaren rezenten Sedimente zu existieren, so dass genauere Aussagen über den Entstehungsmechanismus der Austernagelfluh (und damit der marinen Konglomerate des Kleinen Randen allgemein, 1.3., 1.5.) weitgehend Spekulation sind. Das Vorkommen von Austern deutet darauf hin, dass die Tiefe des Meeres nicht mehr als 12 m betrug. Die Austern sind zwar meist abgerollt und nicht in situ erhalten, im Profil "Mösern" (Tab. 2) aber so individuenreich, dass ihr Verbreitungsgebiet nicht weit ausserhalb der heutigen Verbreitung der Austernagelfluh gelegen haben dürfte. Der Meeresarm war also untief. Es stellt sich auch die Frage, ob das Material jeweils in einem Schub vom Napf-Gebiet auf den Kleinen Randen gelangte, oder ob der Transport mehrphasig war. Im ersten Fall müssten die Ereignisse von enormen Ausmassen gewesen sein, was auch bedeutende Ursachen bedingt, beispielsweise grostektonische Vorgänge. Im zweiten Fall könnten kleinere Ereignisse, etwa Sturmfluten in Betracht kommen. Denkbar wäre auch eine Kombination beider Möglichkeiten, etwa tektonische Bewegungen an der Lägerlinie, und das Durchbrechen des sich vorbauenden Napf-Schuttfächers (Einengung des Meeresarmes) bei Sturmfluten.

Eine weitere Möglichkeit könnten kontinentale Transportmechanismen sein, die während der vorhergehenden Regressionsphase (1.6., 1.7.) groben Detritus nach NE verfrachteten.

1.13. Melaniensande

Die Austernnagelfluh wird in ihrem gesamten Verbreitungsgebiet von gelben bis hellgrauen Fein- bis Mittelsanden, den Melaniensanden überlagert. Sie erreichen ihre grösste Mächtigkeit mit 25 - 30 m entlang des Südabfalls des Kleinen Randen. Gegen NW keilen sie im Bereich der Nordgrenze der Austernnagelfluh aus. Die Sande bestehen zur Hauptsache aus Quarz und Feldspat. Sie führen in grosser Zahl Hellglimmerplättchen mit bis zu 2 mm Durchmesser. In der Schwermineral-Fraktion dominieren Bohnerzreste und andere limonitische Komponenten. Diese können in Lagen angereichert sein, deren rote Korrosionsfarbe die Sedimentstrukturen deutlich hervortreten lässt. Das Schwermineral-Spektrum deutet auf den Napf-Schuttfächer als Liefergebiet des Sandes hin (HOFMANN, 1959). Die Melaniensande können in Schichten von 10 bis 40 cm Dicke knauerig verfestigt sein. An der Basis führen sie Gerölle bis 5 cm Durchmesser und Austern. Das Geröllspektrum ist mit demjenigen der Austernnagelfluh identisch. Im Bereich des Kätzlers SE Griessen sind in verstärkter Masse subjurasische Gerölle eingestreut. SCHÖBER (1989) konnte in einem Gelände-einschnitt an der E-Seite des Birnberges einen kontinuierlichen Übergang der Melaniensande in die Mergel der Jüngeren Juranagelfluh beobachten.

Die Melaniensande zeigen Schräg- und Kreuzschichtung in verschiedenen Massstäben. Innerhalb der flach (ca. 3° Neigung) einfallenden Grobschichtungen sind steiler einfallende, oben abgeschnittene Feinschichtungen zu erkennen. Das Einfallen der Grobschichtung schwankt sowohl in der Steilheit wie in der Richtung. So werden nach E einfallende Schichten von nach W fallenden überlagert oder abgeschnitten. Einzelne stärker verfestigte, an limonitischen Komponenten reiche und daher rote Horizonte mit Wellenrippeln deuten auf zeitweilig reduzierte Sedimentation. Darüber können dünne geröllführende Sandlagen folgen.

Fauna und Flora

Die Bezeichnung "Melaniensand" geht auf FRANZ JOSEPH und THOMAS WÜRTENBERGER (1870) zurück, die bei Dettighofen eine Schicht mit vielfältiger Fauna (GRAF, 1988) und Flora (Beilage 3) entdeckten. Die Fauna von Dettighofen umfasst Wirbeltiere, Schnecken und Muscheln. Darunter war *Brotia "Melania" escheri* BRONGNIART häufig.

Die Mehrzahl der rezenten Vertreter der fossilen Pflanzen von Dettighofen ist im Mittelmeergebiet, den Subtropen oder Tropen verbreitet (Beilage 3). Dies deutet auf ein warmgetöntes Klima zur Entstehungszeit der Melaniensande hin. *Cinnamomum polymorphum* FRENTZEN impliziert eine Jahresmitteltemperatur von über 15° C, bei einem Jahresniederschlag von mindestens 1300 mm (EBERHARD 1986). Die Häufigkeit der mediterranen Formen könnte auf sommertrockenes Klima hinweisen. Die Pflanzen können unterschiedlichen Lebensräumen zugeordnet werden (Tab. 6).

Wasser	<i>Equisetum limosellum</i> H.
Auenwald	<i>Myrica hakeaefolia</i> SCHEID
	<i>Myrica ungeri</i> H.
	<i>Populus</i> (?), <i>P. latior</i> A. BR.
	<i>Populus mutabilis</i> H.
	<i>Populus balsamoides</i> GÖPP.
	<i>Cinnamomum polymorphum</i> FRENTZEN
	<i>Acer decipiens</i> A. BR.
Küstenwald	<i>Myrica hakeaefolia</i> SCHEID
	<i>Smilax sagittifera</i> H.
Laubmischwald	<i>Cinnamomum polymorphum</i> FRENTZEN
	Leguminosen
Bergwald	(?) <i>Salix longa</i> A. BR.
	<i>Zelkova ungeri</i> KOVATS

Tab. 6: Lebensräume der Fossilen Pflanzen von Dettighofen.
Ecologic environments of the flora of Dettighofen.

Paläogeographie, Klima und Alter

Die Sedimentologie der Melaniensande spricht für ein marines Ablagerungsmilieu unter Gezeiten-Einfluss mit Phasen reduzierter oder unterbrochener Sedimentation. Die Wassertiefe dürfte 12 Meter kaum überstiegen haben (Ostreen). Im Gebiet SE Griessen lag eine Flussmündung. Dieser Fluss war verantwortlich für das Einschwemmen der landbewohnenden Tiere und Pflanzen, des subjurassischen Geröllmaterials in den Melaniensanden des Kätzlers und von Bohnerztrümmern. Der Fluss dürfte der Rinne der Juranagelfluh entstammen. Aufgrund der ökologischen Zuordnung der Pflanzen lässt sich eine gewisse Höhengliederung in der Flussrinne rekonstruieren. Die reiche Auenwald-Flora impliziert die Existenz der Flussebene. An deren Flanken dürfte sich eine Flora mit Bergwaldcharakter entwickelt haben. Dies deutet auf ein nicht unbedeutendes Relief entlang der Flussrinne hin.

In der Fauna von Dettighofen dominieren Formen, die im Bereich obere OMM (Karpatian) - untere OSM (Badenian) vorkommen. Daneben treten Formen auf, die entweder in der OMM oder der OSM verbreitet sind. Demnach wären die Melaniensande an der Wende Kar-

patian - Badenian entstanden, zu einer Zeit also, als das Molassemeer am Aussüssen und Verlanden war.

2. Die obere Süsswassermolasse (OSM)

2.1. Jüngere Juranagelfluh-Formation

Die Formation der Jüngeren Juranagelfluh bedeckt als geschlossene Decke sämtliche Bildungen der OMM vom Vorderen Schlosshof E der Küssaburg (669.150/272.700) bis zum Gnüll S Bühl (678.200/272.950). Entlang der nordwestlichen Grenze des Untersuchungsgebietes liegt sie auf Weissjurakalken und Siderolith-Formation. Beim Wolfshalter N Eichberg (677.300/276.100) ist auf etwa 610 Metern Höhe ein Juranagelfluh-Relikt erhalten.

Die Juranagelfluh-Formation (im folgenden "Juranagelfluh" genannt) besteht zur Hauptsache aus sandig-siltigen Mergeln. Darin sind Linsen und Horizonte geröllführender Kalkarenite eingeschaltet, deren Geröllgehalt schwankt, so dass reine Kalkarenit-Horizonte wie auch eigentliche Nagelfluhen vorkommen. Die Nagelfluh-Bänke können fast über das ganze Verbreitungsgebiet verfolgt werden. Untergeordnet kommen Süsswasserkalke vor. Ihre grösste Mächtigkeit erreicht die Juranagelfluh mit 110 m auf dem Kalten Wangen und dem Wannenberg.

2.1.1. Mergel

Die Juranagelfluh des Kleinen Randen besteht zu mehr als der Hälfte aus Mergeln, die sich geländemorphologisch durch zuweilen ausge dehnte Rutschungs-Gebiete bemerkbar machen. Die Farbe der Mergel schwankt zwischen gelb, ocker und rot. Rote Horizonte von nicht über 50 cm Mächtigkeit sind im Liegenden von Nagelfluh-Horizonten recht häufig und können auch als dünne Lagen oder Linsen innerhalb der Nagefluhen auftreten.

Die Mergel enthalten stets einen gewissen Anteil an Kalksand (Tab. 7). Die Komponenten entstammen der mesozoischen Sedimentbedekung des Schwarzwaldes. In der Schwermineral-Fraktion dominieren limonitische Partikel, vor allem Bohnerzbruchstücke und Eisenooide. Das Schwermineralspektrum zeichnet sich durch Zirkon-Reichtum aus.

Beim Schlämmen einer roten Mergelprobe vom Vorderen Schlosshof (669.250/272.480) wurden Gastropoden-Steinkerne gefunden. Ihr Zustand liess leider keine Bestimmung zu. An der NE-Flanke des Kalten

Wangen wurde mit einem Stecheisen ein Profil zur Entnahme von Pollenproben gestochen (GRAF 1988). Ausser einzelnen Exemplaren von *Liquidambar* und *Engelhardtia* enthielten die Mergel keine Pollen tertiären Alters. Ältere, mesozoische Pollen waren hingegen recht häufig.

F. HOFMANN (mündl. Mitt.) konnte am Kalten Wangen und am Gnüll SE Bühl in roten Mergeln vulkanogene Mineralien (Magnetit und Apatit) nachweisen. Möglicherweise stammen beide Proben aus demselben Horizont. In den roten Mergeln vom Schlosshof wurden solche Tuff-Mineralien ebenfalls gefunden. Ob es sich dabei um den gleichen Horizont handelt, aus dem die von HOFMANN untersuchten Proben stammen ist wegen der bedeutenden horizontalen Distanz nicht zu eruieren.

eckige Trümmer unterschiedlich gefärbter, dichter Kalke,

Ooide und Ooid-Bruchstücke,

Fossilbruchstücke:

- Bryozoen,
- Seeigelstacheln,
- Seelilien, Arm und Stielglieder,
- Muschel- und Brachiopodenschalen,

eckige Quarzkörner,

Karneol,

helle, zum Teil grünliche Glimmer,

limonitische Komponenten, zum Teil Eisenooide.

Tab. 7: Sandfraktion der Mergel der Juranagelfluh-Formation

Composition of the sand-grained content of the Juranagelfluhmarls.

2.1.2. Kalkarenite

Die Kalkarenite der Juranagelfluh kommen in den Mergelabfolgen als Horizonte von 2 - 3 m Mächtigkeit oder als Linsen von 20 - 30 m Länge und maximal 5 m Mächtigkeit vor, treten aber auch lagenförmig in den Nagelfluhen auf. Sie zerfallen in Platten von einigen Zentimetern bis Dezimetern Dicke. Wegen ihrer Härte wurden sie früher unter der Bezeichnung "Bergstein" als Baustein verwendet, so zum Beispiel beim Bau der Küssaburg ob Bechtersbohl. Fast alle Abbaustellen sind heute verstürzt.

Die Kalkarenite sind von hellbrauner bis gelber Farbe. Ihre Korngrösse schwankt im Bereich Fein- bis Grobsand. Es treten dieselben Komponenten auf wie in der Sandfraktion der Mergel. Untergeordnet kommen Quarzsandsteine und korrodierte Feldspäte vor. Als Zement überwiegt syntaxialer Zement an Echinodermenresten, aber auch Hundezahnzement ist häufig. Stets ist eine gewisse Porosität vorhanden, die durch eingeschwemmten Kalkschlamm, vadosen Silt, reduziert sein kann.

Die Kalkarenite zeigen oft Schräg- oder Kreuzschichtung. Viele der länglichen oder flachen Schalenbruchstücke scheinen schräg zur Schichtung eingeregelt zu sein, ähnlich den flachen Geröllen in fluvialen Konglomeraten. Führen die Kalkarenite Gerölle, so berühren sich diese nur selten. Solche Arenite können als Konglomerate mit matrixgestütztem Gefüge angesprochen werden. Zur Hauptsache sind die Kalkarenite fluviatil entstanden, die geröllführenden Horizonte hingegen dürften auf Murgänge zurückzuführen sein.

2.1.3. Fossilien

Mitte des letzten Jahrhunderts fanden FRANZ JOSEPH und LEOPOLD WÜRTENBERGER am Kalten Wangen in einer Kalkarenit-Linse eine fossile Blätterflora (Beilage 3). Darin sind Pflanzen verschiedener Lebensräume vertreten (Tab. 8).

Cinnamomum polymorphum (FRENTZEN) impliziert für die Entstehungszeit dieses Kalkarenit-Horizontes ein Klima mit Jahresmitteltemperaturen von über 15°C und Jahresniederschlägen von wenigstens 1300 mm (EBERHARD, 1986).

Wasser:	<i>Nelumbo</i> sp.
Auenwald:	<i>Populus</i> (?), <i>P. balsamoides</i> GÖPP.
	<i>Populus</i> (?), <i>P. latior</i> A. BR.
	<i>Populus mutabilis</i> H.
Laubmischwald:	<i>Cinnamomum polymorphum</i> FRENTZEN
	<i>Cinnamomum polymorphum</i> FRENTZEN
	Leguminosen

Tab. 8: Lebensräume der fossilen Pflanzen von Bühl
Ecologic environments of the flora of Bühl.

2.1.4. Nagelfluhen

Weite Gebiete des Kleinen Randen werden von Juranagelfluh-Geröllen bedeckt, die durch Verwitterung aus dem Gesteinsverband gelöst wurden. Die maximal 10 Meter mächtigen Nagelfluh-Horizonte bilden markante Steilstufen im Gelände. Das Gestein ist von gelber bis ockerbrauner Farbe. Im Geröll-Spektrum sind ausschliesslich Gesteine der mesozoischen Bedeckung des Schwarzwaldes vertreten. Fast alle Hartgesteine (mit Ausnahme der Keupersandsteine) können nachgewiesen werden (vgl. zB. SAUER & SCHNETTER, 1971), die meisten bestätigt durch Fossilfunde in den Geröllen (WÜRTENBERGER, 1870; GRAF, 1988). Dazu treten rote, tertiäre Krustenkalke (Albstein) und in den höchsten Horizonten einige Kristallingerölle des Schwarzwald-Grundgebirges.

Das grösste gefundene Geröll besass einen Durchmesser von 53 cm. Solche Dimensionen sind selten; die Häufigkeit verhält sich umgekehrt proportional zum Durchmesser. Die Rundung der Gerölle ist gut bis sehr gut, der Durchschnitt liegt etwas unter 0,7 (nach KRUMBEIN, 1941). Kugelige Gerölle sind am häufigsten, gefolgt von flachen; flachstengelige sind selten (nach ZINGG, 1935).

Die Geröllverteilung der verschiedenen Nagelfluh-Horizonte zeigen eine Zunahme erdgeschichtlicher alter Gesteine (Muschelkalk und Schwarzwaldkristallin) nach oben. Kristalline Gerölle sind nur in den höchsten Nagelfluh-Horizonten vertreten.

Zwei Nagelfluh-Gruppen können unterschieden werden: die eine, häufigere, besitzt ein geröllgestütztes Gefüge, die Gerölle sind reich an Eindrücken. Das Feinsediment dürfte nach der Ablagerung des Grobmaterials eingespült worden sein, da zwischen den Geröllen matrixfreie Partien auftreten. Die zweite Gruppe besitzt ein matrixgestütztes Gefüge, die Gerölle weisen kaum Eindrücke auf.

Am nördlichen Hang der "Hasle" E der Küssaburg (670.250.400/272.650-700) liegt ein ehemaliger Steinbruch (Beilage 2). Die einzelnen Nagelfluh-Bänke lösen sich lateral wie vertikal in rascher Folge ab. Die Untergrenzen der Bänke sind in der Regel trogförmig. Immer wieder schalten sich dünne, rote Mergellinsen oder geringmächtige Kalkarenitbänke ein. Die Paläoströmungsrichtung wurde aus der Einregelung der stengeligen und der flachen Gerölle (nach RUST, 1972, 1975), sowie der Untersuchung von "pebble clusters" (nach DAL CIN, 1968) rekonstruiert. Die Messresultate deuten auf eine Schüttung aus NE (GRAF, 1988). Die Profilentwicklung (z.B. MIAL, 1977) und das relativ geringe Schwanken der Geröllinregelung (low sinuosity) deuten darauf hin, dass der ehemalige Fluss vom Typ eines braided river gewesen sein dürfte.

2.1.5. Diagenese und Verwitterung

Die Matrix der Nagelfluhen ist identisch mit dem Material der Kalkarenite. Gefestigt werden die Nagelfluhen vorwiegend durch syntaxialen Zement an Echinodermeresten. Hohlraumwände sind mit Hundezahnzement bedeckt. Bei ausreichendem Platzangebot wuchsen darüber zuweilen drusige Kalzitkristalle. Wie in den meisten tertiären Nagelfluhen sind auch in der Juranagelfluh Gerölle mit Eindrücken (Drucklösungserscheinungen) häufig, selbst in den höchsten Horizonten. MORAVIETZ (1958) nahm an, dass für die Juranagelfluh eine Auflagerung von 30 - 40 Metern für das Entstehen von Eindrücken erforderlich gewesen sei. Die einstige Mächtigkeit der Juranagelfluh

dürfte die heute erhaltene also um mindestens diesen Betrag übertroffen haben.

In der Juranagelfluh können prä- und postdiagenetische Verwitterungs-Erscheinungen beobachtet werden: prädiagenetisch entstanden in einigen Geröllen durch Lösung Hohlräume, in die anschliessend Kalkarenit-Material und mitunter kleine Gerölle eingespült wurden. Dieser Umstand deutet auf eine mehrphasige Verfrachtung des Materials hin. Dazwischen müssen die Gerölle der Verwitterung zugänglich gewesen sein. Mitunter sind Hohlräume von drusigem Kalzit erfüllt.

Schon WÜRTEMBERGER (1870) erwähnte geröllförmige Hohlräume in der Juranagelfluh und vermutete, dass sie die Zeugen gänzlich aufgelöster Gerölle seien. Solche Hohlräume können entweder leer sein oder enthalten eingespültes toniges Material. Sie entstanden nach der Verfestigung.

2.1.6. Süsswasserkalke

An der östlichen Flanke des Rügihau S Küssnach liegen getrennt durch eine Mergelzone zwei Süsswasserkalk-Linsen in geringer Distanz übereinander. Der tiefere, etwa 1 m mächtige Süsswasserkalk (670.100-300/271.050-150) liegt auf etwa 610 m; seine laterale Ausdehnung beträgt rund 200 m. Er ist von hellgrauer Farbe, oberflächlich karrig-karstig verwittert und besitzt unregelmässig geformte Hohlräume mit bis zu 1 cm Durchmesser. Deren Wände sind von feinen Kalzit-Kriställchen überzogen. Er führt Gastropoden und Muscheln, der schlechte Zustand der Steinkerne und rekristallisierten Schalen lässt aber keine nähere Bestimmung zu. Kreuz und quer verlaufende, verfüllte Bohrgänge sind häufig.

Der höhere, nicht über 50 cm mächtige, hellgelbe Süsswasserkalk (670.050.-100/271.200) liegt auf etwa 615 m. Er ist auf einer Länge von rund 50 m nachweisbar. Die Porosität und die karstige Oberfläche sind noch stärker ausgebildet als beim tieferen Süsswasserkalk. Fossilien (Mollusken) sind nur spärlich vertreten.

Die Süsswasserkalke wurden auf Palynomorphe untersucht. Nach der Aufbereitung blieb kein organisches Material zurück, wohl aber feiner Quarzsand. Dessen Körner sind durchwegs eckig mit muscheligen Bruch. Möglicherweise handelt es sich um autigenen Quarz.

Unter dem Kathodenlumineszenz-Mikroskop zeigten die Süsswasserkalke stellenweise pisolithisch-brekziöse Struktur. Hohlräume sind von Hundezahn-Zement umsäumt. Die Kalke sind von feinen, unregel-

mässigen Rissen durchzogen. Die Mikrofazies erinnert an Krustenkalke; die Kalke dürften also in kleinen Seen entstanden sein, welche hin und wieder trocken fielen.

2.2. Juranagelfluh E des Bohlhofs

Auf etwa 570 m Höhe E des Bohlhofes (671.300/277.850) liegt auf den Murchisonae-Schichten des Braunjura β als Rundhöcker (HANTKE, 1967) ein Juranagelfluh-Relikt. Die sonst stets vorhandenen Mergel sind nicht vertreten und Kalkarenit ist untergeordnet. Im Geröll-Spektrum kommen alle Hartgesteine der mesozoischen Sedimente des Schwarzwald-Hochgebietes und des Grundgebirges vor (PAUL, 1971). Die Zuordnung zur Jüngeren Juranagelfluh scheint durch auftretende kristalline Gerölle des Schwarzwald-Grundgebirges angezeigt.

Schon PAUL (1971) betrachtete das Juranagelfluh-Relikt beim Bohlhof als Rest der ehemaligen Füllung des Tales, aus dem die Juranagelfluhen des Kleinen Randen geschüttet wurden. Während die Jüngere Juranagelfluh auf dem Kleinen Randen Weissjura-Kalke und tertiäre Sedimente überlagert, liegt sie beim Bohlhof auf den Murchisonae-Schichten, was eine geologische Höhendifferenz von mindestens 100 m bedeutet. Zur Bildungszeit der Juranagelfluh dürfte das Gebiet des Schwarzwaldes also bereits gehoben und eine Schichtstufen-Landschaft angelegt gewesen sein. Der Juranagelfluh-Fluss erodierte in diese Landschaft ein Tal, das beim Bohlhof bis auf die Murchisonae-Schichten hinunterreichte. Die Juranagelfluh führt dort Weissjura-Gerölle, dieser muss also auf der Höhe des Bohlhofes angestanden haben. Die Tiefe des Tales müsste sich dann in einer Grössenordnung von 100 - 250 Metern bewegt haben.

Die Höhenlage der Juranagelfluh beim Bohlhof beträgt 570 Meter und entspricht damit der Auflagerungshöhe der Juranagelfluh auf dem Kleinen Randen. Das bedeutet, dass heute zwischen diesen beiden Vorkommen bei einer horizontalen Distanz von 4 km kein Gefälle besteht. Zudem führt die Juranagelfluh beim Bohlhof kristalline Gesteine, während diese auf dem Kleinen Randen erst in höheren Geröll-Horizonten auftreten. Dies würde bedeuten, dass das Gebiet des Bohlhofes bezüglich des Kleinen Randen einst beträchtlich höher gelegen haben muss. Dieser Sachverhalt wurde von SCHÖBER (1989) bestätigt. Er konnte die Klettgau-Tal-Störung durch die Untersuchung der Muschelkalk-Keuper Grenze anhand von Salzbohrungen nachweisen. Sie zeigt eine nach N und NW gerichtete Abschiebung mit Sprunghöhen zwischen 65 und 35 m.

2.3. Entstehung und Alter der Juranagelfluh-Formation

Die Juranagelfluh wurde durch einen Fluss aus dem Gebiet des südöstlichen Schwarzwaldes geschüttet. Er besass zeitweise eine beträchtliche Fließkraft, denn er verfrachtete Gerölle mit Durchmessern von 50 cm. Wiederholt bildeten sich Murgänge und Schlammströme. Der Transport des Geröllmaterials muss in mehreren Phasen geschehen sein; dazwischen waren die Gerölle der Verwitterung zugänglich. Das Ablagerungsgebiet des Schuttes lag im vadosen Bereich, was durch den Hundezahnzement der Kalkarenite und Nagelfluhen impliziert wird (FLÜGEL, 1978). Insgesamt stellt die Juranagelfluh-Formation einen Inland-Schuttfächer dar (alluvial fan). Der Juranagelfluh-Fluss erodierte ein Tal in die bereits existente Schichtstufenlandschaft. Das Tal verlief vom Netzbachtal SE Griessen über das Gebiet des Bohlhofes. Laut PAUL (1971) ist SE Wutöschingen im Gehängeschutt Juranagelfluh-Material enthalten (Blöcke mit bis zu 1 m Durchmesser). Die NW-Fortsetzung des Tales könnte also dort gelegen haben. Im Laufe der Zeit verschob sich das Einzugsgebiet des Flusses

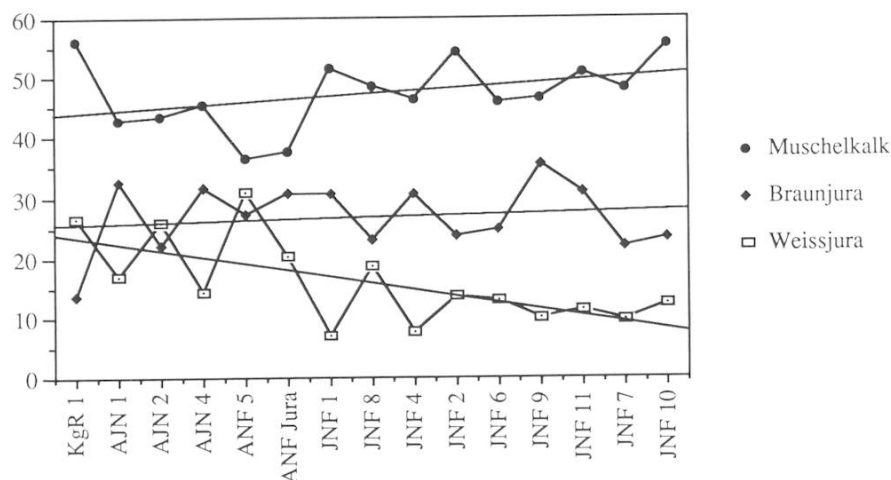


Abb. 5: Die zeitliche Änderung der Geröllhäufigkeit der subjurassischen Schüttung des Kleinen Randen.

KgR: Konglomerat NW Reutehöfe (Ottangian) (1.11.)

AJN: Mittlere Juranagelfluh (Ottangian-Karpatian) (1.6.)

ANF: Subjurassischer Anteil der Gerölle der Austernagelfluh (Karpatian) (1.12.)

JNF: Formation der Jüngerer Juranagelfluh (?Karpatian-Badenian) (2.)

Fig. 5: Variation in time of the pebble composition of the subjurassic material at Kleiner Randen.

in immer ältere Gesteine, also weiter nach NW. Diese Entwicklung kann schon seit der OMM beobachtet werden. Der Anteil jüngerer mesozoischer Gesteine (Weiss- und Braunjura) nahm sukzessive ab, während Muschelkalk-Gerölle immer häufiger auftraten (Abb. 5).

Die von WÜRTENBERGER (1870) beschriebene Flora dokumentiert ein warmgetöntes, feuchtes, möglicherweise mediterranes Klima für die Entstehungszeit des fündigen Kalkarenit-Horizontes. Ähnliche Verhältnisse sind für die Entstehungszeit der Süßwasserkalke anzunehmen. Sie dürften in flachen Seen entstanden sein, die gelegentlich trocken fielen.

Die Entstehung der Formation der Jüngeren Juranagelfluh begann im Übergang Karpatian-Badenian (1.13.). Wann die Schüttung vom Schwarzwald-Hochgebiet versiegte, ist nicht festzustellen, es fehlen datierbare Fossilien. Das nächstjüngere bekannte Ereignis im Arbeitsgebiet ist die wahrscheinlich pliozäne Aare-Donau-Verbindung, die etwa dem Wutachtal folgte. Zu diesem Zeitpunkt war die subjurassische Schüttung sicher beendet. Möglicherweise entstand die Juranagelfluh innert kurzer Zeit, denn weder im Arbeitsgebiet noch südlich davon kann ein Verzahnen mit den Glimmersanden festgestellt werden. Dies könnte darauf hindeuten, dass die distalsten Teile des Schuttfächers vom Glimmersandstrom erodiert werden konnten, weil kein neues Material mehr angeliefert wurde.

3. Stratigraphischer Überblick

Ottnangian

Im früheren Ottnangian entstanden konglomeratische bis mergelige, marine Sedimente, deren Material hauptsächlich der Napfschüttung entstammt. Das Meer war flach mit recht starken Strömungen. Verschiedene Flutkatastrophen erzeugten marine Konglomerate.

Die Transgression des Molassemeeres wird durch das Basiskonglomerat und die Streifensandsteine dokumentiert. Aus einer vom Schwarzwald herkommenden, über Wutöschingen und das Gebiet des Bohlhofs bei Rechberg führenden Flussrinne wurde subjurassisches Material herbeigeführt. Zudem setzte eine aus dem Saxo-thüringischen Frankenwald stammende Grobsand-Schüttung ein. Die damit assoziierte Strömung schwemmte im Hegau und auf dem Randen mehrere Meter Schalen-Schill zusammen. Der Turritellenkalk dokumentiert diese Phase auf dem Kleinen Randen.

Darauf folgte eine Meeres-Regression. Die subjurassische Schüttung gewann an Bedeutung, der Schuttfächer der Mittleren Juranagelfluh entstand. Anfänglich interferierte sie noch mit den marinen Geröllführenden Sanden, zeigt dann aber Merkmale kontinentaler Entstehung. Im Hegau tiefte die NE-Strömung die Graupensandrinne bis zu 40 m in ältere Sedimente ein. Der Graupensandstrom schüttete Sand- und Kiesmaterial durch ein Proto-Klettgautal nach SW. Dieses mündete in der Gegend von Griessen in die Rinne der Mittleren Juranagelfluh, der Strom wurde nach SE umgelenkt und floss in das Molassebecken.

Auf dem Festland entstanden die Heliciden-Schichten und der Albstein. Die darin enthaltenen vulkanischen Tuffe dokumentieren vulkanische Ereignisse. Ob diese auf den Kaiserstuhl oder einen Vorläufer des Hegau-Vulkanismus zurückzuführen sind, ist nicht bekannt. Auch im Küstenbereich entstanden Krustenkalke.

Das Klima war recht trocken und die Vegetationsdecke in den erhöhten Lagen dadurch reduziert. Bei episodischen Starkniederschlägen entstanden Murgänge, die den Schuttfächer der Mittleren Juranagelfluh aufbauten. Nur entlang dem Graupensandstrom entwickelte sich eine dichte Vegetation.

Otnangian bis Karpatian

Im späteren Otnangian kam das Meer zurück. Die Graupensande setzten intensiv ein, während die subjurassische Schüttung anhielt. Die Graupensande enthalten dem Napf-Schuttfächer entstammende Gerölle; so kündigte sich die Bildung der Austernagelfluh an. Diese entstand durch vehemente Gezeitenströmungen oder durch seismisch ausgelöste Katastrophen, welche Debris-flow-Sedimente hinterließen. Auf ihrem Weg arbeiteten die Fluten ältere Sedimente auf und rissen im Flachwasser lebende Austern mit. Ob das Geröllmaterial in einer einzigen Transportphase vom Napf ins Arbeitsgebiet gelangte, ist unklar; möglicherweise wurde es durch kontinentale Mechanismen (fluvial, Murgänge) während der vorhergehenden Regressionsphase bereits nach NE verfrachtet. Mit der Entstehung der Austernagelfluh versiegte die Schüttung der Graupensande durch die Flussebene des Proto-Klettgau. Die Rinne wurde infolge der Erhöhung der Erosionsbasis verfüllt und der Graupensand-Strom nach Benken-Wildensbuch umgelenkt.

Im Karpatian beruhigte sich die Sedimentschüttung aus dem Napfgebiet. Bei mediterranem bis subtropischem Klima kamen in einem flachen, Gezeiten-dominierten Meer marine Sande zur Ablagerung. Die

subjurassische Schüttung lieferte weiterhin klastisches Material, wie auch Pflanzen- und Tierreste. Während einer gewissen Zeit herrschten auf der Schwäbischen Alb und im Hegau brackische Verhältnisse, bis das Meer schliesslich verlandete.

Karpatian bis Badenian

Als Folge einer verstärkten Hebung des Schwarzwald-Gebietes intensivierte sich gegen Ende der Oberen Meeresmolasse und vor allem während der Oberen Süsswassermolasse die Schüttung subjurassischen Materials. Im Laufe der Zeit entstand aus Schlammströmen, Murgängen, fluvialen Überschwemmungs-Sedimenten und den Ablagerungen von verflochtenen Flüssen der Schuttfächer der Jüngeren Juranagelfluh. Im Laufe der Zeit verschob sich der Oberlauf des Juranagelfluh-Flusses weiter nach NW in immer ältere Schichten und lieferte schliesslich Gesteine des Schwarzwaldkristallins. Zwischen den einzelnen Flutereignissen konnten immer wieder Böden und Seen entstehen. Den Ausbrüchen von Hegau-Vulkanen entstammende vulkanogene Mineralien reicherten sich in Boden-Horizonten an.

Das Klima war warm und recht feucht, jedoch nicht tropisch. Von Zeit zu Zeit kam es zu klimatischen Veränderungen, die trockenere Verhältnisse brachten, was zu einer Reduktion der Vegetation führte. Dadurch konnten Flüsse mit hoher Transportkraft und Murgänge entstehen. Wie lange die Schüttung der Jüngeren Juranagelfluh anhielt ist nicht bekannt. Möglicherweise dauerte sie nur kurz. Sicher beendet war sie zur Zeit der pliozänen Aare-Donau.

Verdankungen

Folgenden Personen sei mein bester Dank ausgesprochen: Herrn Prof. Dr. R. HANTKE (Geol. Inst. ETHZ) für die Betreuung der Diplomarbeit und die Revision der Florenlisten, Frau Dr. B. MOHR (Geol. Inst. ETHZ) für die Durchsicht und Bestimmung meiner palynologischen Präparate, Herrn Dr. K. A. HÜNERMANN (Paläont. Inst. Museum Univ. Zürich) für die Revision der Faunenlisten, Herrn Dr. F. HOFMANN (Neuhausen) für viele anregende Gespräche und Mitteilungen, Herrn Dr. Th. SCHÖBER (Benningen, D) für diverse gemeinsame Feldbegehungen und kontroverse Diskussionen, Herrn F. FALKENSTEIN (Dogern, D) für die Erlaubnis, in seine Sammlung fossiler Tiere der Sandgrube Riedern Einsicht zu nehmen.

Anschrift des Verfassers: Hansruedi Graf, ETH Hönggerberg, Ingenieurgeologie, 8093 Zürich.

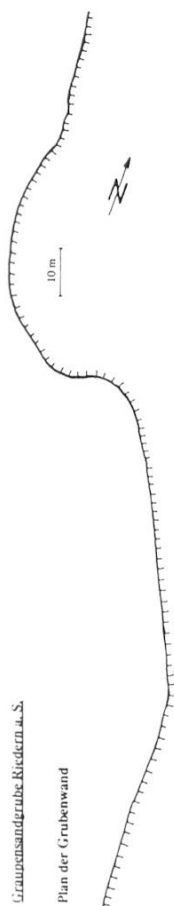
Literaturverzeichnis

- BRAUN v., E. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrheingebiet zwischen Zurzach und Eglisau - Diss. Univ. Basel.
- DAL CIN, R. (1968): "Pebble clusters": their origin and utilisation in the study of palaeocurrents - *Sediment. Geol.*, **2**, 233-241, Amsterdam.
- EBERHARD, M. (1986): Entwicklung von Sedimentation, Flora, Fauna, Klima und Relief von Mitteleozän bis Quartär zwischen Arlberg (Voralberg) und Adelegg (Südbayern) - Diss. ETH Zürich.
- FLÜGEL, E. (1978): Mikrofazielle Untersuchungsmethoden von Kalken - Springer, Stuttgart.
- GOUDIE, A. (1973): Duricrusts in tropical and subtropical landscapes - Clarendon press, Oxford.
- GÖHRINGER, A. (1915): Erläuterungen zu Blatt Lienheim - Grossherzogl. bad. geol. Landesanst., Heidelberg.
- HANTKE, R. & MITARBEITER (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete - *Vjschr. Natf. Ges. Zürich*, **112/2**, 91-122, Zürich.
- HELING, D. (1966): Sedimentologische Untersuchungen an Grimmelfinger Graupensanden - *Contrib. Min. Petrol.*, **12**, 192-201, Heidelberg.
- HOFMANN, F. (1959): Materialherkunft, Transport und Sedimentation im schweizerischen Molassebecken - *Jb. St. Gall. natw. Ges.*, **76**, 49-76 St. Gallen.
- (1961): Vulkanische Aschen in den Helicitenmergeln des baslerischen und badi-schen Tafeljuras - *Eclogae geol. Helv.*, **54/1**, 133-136, Basel.
- (1965): Untersuchungen über den Goldgehalt der OMM und des Stubensandsteines in der Gegend von Schaffhausen - *Schweizer. Min. petrogr. Mitt.*, **45/1**, 131-137, Zürich.
- (1967): Über die Tertiärbildung im Kanton Schaffhausen - *Mitt. natf. Ges. Schaffhausen*, **28**, 1-39, Schaffhausen.
- KIDERLEN, H. (1931): Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs - *N. Jb. Min. Geol. Paläont.*, **66**, 215-384, Stuttgart.
- KLAPPA, C.F. (1978): *Biolithogenesis of Microcodium: elucidation* - *Sedimentology*, **25**, 489-522, Amsterdam & New York.
- KRUMBEIN, W.C. (1941): Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles - *J. sediment. Petrol.*, **11/2**, 64-72, Tulsa.
- LEMCKE, K. (1985): Flussfracht von Ur-Main und Ur-Naab in der Schweiz und im deutschen Molassebecken - *Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. Ing.*, **51/121**, 13-21, Losone.
- MATTER, A. (1964): Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet - *Eclogae geol. Helv.*, **57/2**, 315-428, Basel.
- MAURER, H., GERBER, E. & NABHOLZ, W.K. (1982): Sedimentpetrographie und Lithostratigraphie der Molasse im Einzugsgebiet der Langete/Aarwangen-Napf, (Ob- und Nid-Aargau) - *Eclogae geol. Helv.*, **75/2**, 381-413, Basel.
- MIALL, A.D. (1977): A review of the braided river depositional environment - *Earth-sci. Rev.*, **13**, 1-62, Amsterdam.
- MORAVIETZ, F.H. (1958): Die Anlösungserscheinungen in der Juranagelfluh und ihre Bedeutung für die Diagenese - Diss. Univ. Tübingen.
- MÜLLER, B. (1988): Zur Geologie des unteren Lutherntales - Dipl. Arb. Univ. Zürich.
- PAUL, W. (1971): Von der spätjurassischen (frühkretazischen?) Landwerdung bis zur Gegenwart - in: SAUER, K.F. & SCHNETTER, M. (ed.): *Die Wutach* - bad. Landesver. Naturk. Naturschutz, Freiburg i. Br..

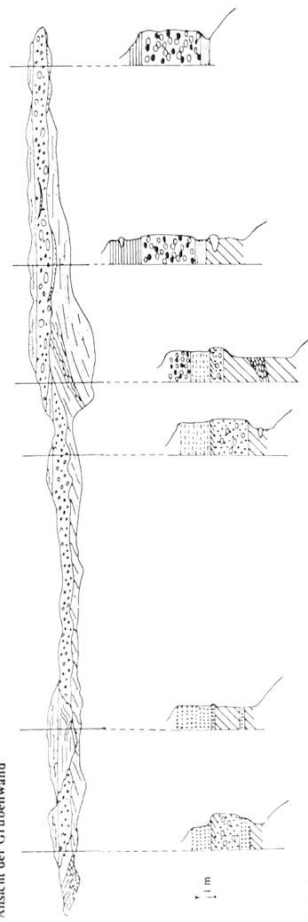
- REEVES, C.C. (1976): Caliche, origin, classification, morphology and uses - Craftsman printers, Texas.
- RUST, B.R. (1972): Pebble orientation in fluvial sediments - J. sediment. Petrol., **42/2**, 384-388, Tulsa.
- (1975): Fabric and structure in glaciofluvial gravels - in JOPLING, A.V. & McDONALD, B.C. (ed.): Glaciofluvial and glaciolacustrine sedimentation - Soc. econ. Pal. Min. spec. Publ., **23**, 238-248, Tulsa.
- SALIS, K. v. (1967): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen in Molasse und Quartär südöstlich Wohlhusen - Diss. Univ. Bern.
- SCHEID, W. (1929): Über die Tertiärpflanzen von Balzersweil, Dettighofen und Bühl im Klettgau - Herder, Freiburg i. Br.
- SCHLÜCHTER, Ch. (1975): Schotterpetrologie und deren relativ-stratigraphische Anwendbarkeit im Aaretal südlich von Bern (Schweiz) - Eiszeitalter und Gegenwart, **26**, 74-81, Öhringen/Württ.
- SCHÖBER, T. (1989): Erläuterungen zur geologischen Karte der Blätter 8316 Klettgau und 8416 Hohentengen am Hochrhein, Teil 2 - Diss. Univ. Stuttgart.
- SCHREINER, A. (1965): Die Juranagelfluh im Hegau - Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **7**, 303-354, Freiburg i. Breisgau.
- STEHLIN, H.G. (1914): Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphischen Verbreitung - Verh. natf. Ges. Basel, **25**, 179-202, Basel.
- WÜRTENBERGER, F.J. (1870): Die Tertiärformation im Klettgau - Z. dt. geol. Ges., **22**, 471-581, Berlin.
- ZINGG, TH. (1935): Beitrag zur Schotteranalyse - Schweiz. mineral. petrogr. Mitt., **15**, 39-140, Zürich.
- ZÖBELEIN, H.K. (1985): Helicidenschichten und Albstein in der miozänen Vorlandsmolasse Südwestdeutschlands - Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **27**, 41-92, Freiburg i. Br.

Graupensandgrube Niedern a. S.

Plan der Grubenwand



Ansicht der Grubenwand



Legende

- Melanter Sande
- Auftermangel fluh
- Feinsandlinsen
- roter, mergeliger Feinsand
- Graupensandkonglomerat
- Graupensande in Schrägschichtung
- Graupensande in Horizontalschichtung
- Graupensande in Kreuzschichtung

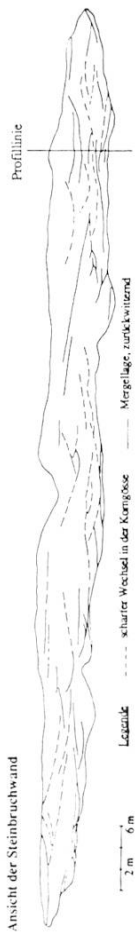
Beilage 1:
Die Graupensandgrube von Niedern am Sand. Aufschlusskizze mit 6 lithologischen Profilen

Juramergelfluh-Steinbruch "Hasle"

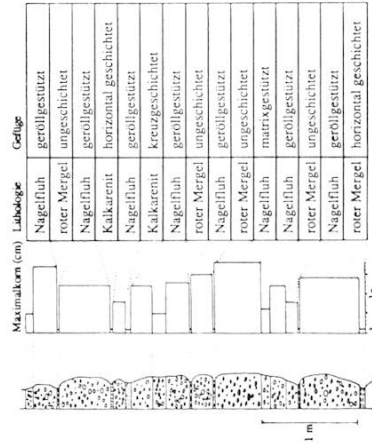
Plan der Steinbruchwand



Ansicht der Steinbruchwand



Beilage 2:
Der ehemalige Steinbruch "Hasle". Aufschlusskizze mit einem lithologischen Profil



Maximalkm (cm)	Lithologie	Gefüge
1	Nagelfluh	geröllgestürzt
1	roter Mergel	ungeschichtet
1	Nagelfluh	geröllgestürzt
1	Kalkarenit	horizontal geschichtet
1	Nagelfluh	geröllgestürzt
1	Kalkarenit	kreuzgeschichtet
1	Nagelfluh	geröllgestürzt
1	roter Mergel	ungeschichtet
1	Nagelfluh	geröllgestürzt
1	roter Mergel	ungeschichtet
1	Nagelfluh	matrigestürzt
1	Nagelfluh	geröllgestürzt
1	roter Mergel	ungeschichtet
1	Nagelfluh	geröllgestürzt
1	roter Mergel	horizontal geschichtet

Flora von Dettighofen (Melaniensande OMM)

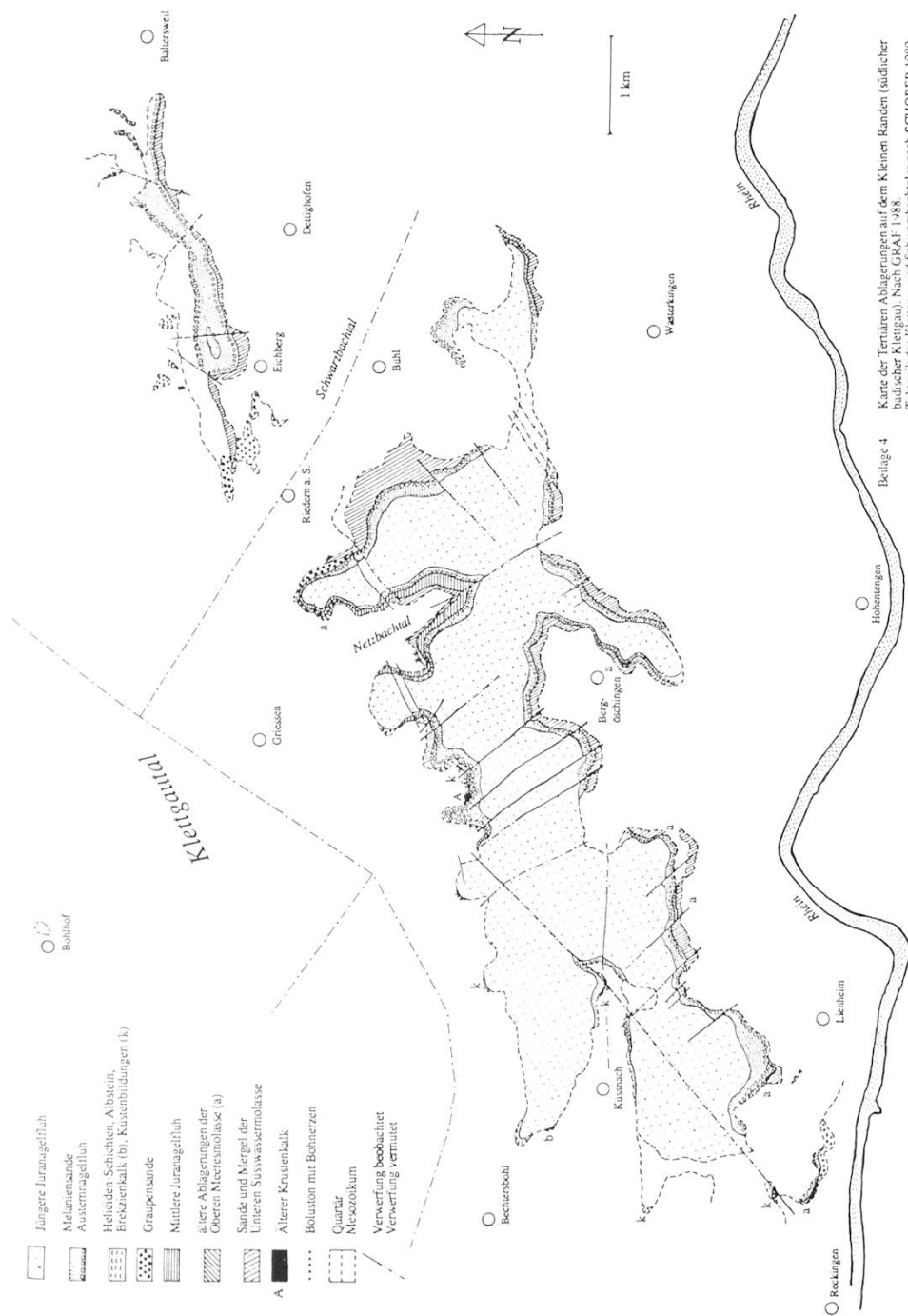
<u>Fossile Pflanze</u>	<u>Rezente Vergleichsform</u>	<u>Verbreitung und ökologische Ansprüche</u>
<i>Acer decipiens</i> A. BR.	<i>A. monspessulanum</i> L.	Südeuropa, Feuchte bis nasse Böden, Auenwald
<i>Cinnamomum polymorphum</i> FRENTZEN	<i>C. camphora</i> NEES & EBERM.	Östliche Monsunländer, Japan, Korea, China. Feuchtigkeitsliebend, hügelige Gebiete bis etwa 500 m.ü.M.
<i>Cinnamomum</i> sp.	<i>Cinnamomum</i> sp.	Östliche Monsunländer, Japan, Korea, China.
<i>Daphnogene</i> sp.	<i>Cinnamomum</i> sp.	Feuchtigkeitsliebend
<i>Engelhardtia</i> sp.		Ost- und Südostasien.
<i>Equisetum limosellum</i> H.	<i>E. limosum</i> L.	Europa, Nordasien, Nordamerika. Teiche, Moore
<i>Myrica hakeaefolia</i> SCHEID	<i>M. cerifera</i> L.	Südosten der USA. Küstenebene, nasse bis feuchte, sandige, Böden, Auenwald
<i>Myrica ungeri</i> H.	<i>M. serrata</i> LAM.	Südliches und östliches Afrika. Trockene bis feuchte, sandige Böden, Auenwald
<i>Populus balsamoides</i> GÖPP.	<i>P. balsamifera</i> L.	Zone der borealen Nadelwälder Nordamerikas. Sommergrüne Laubgehölze auf nassen oder häufig überschwemmten Standorten
<i>Populus</i> , (?) <i>P. latior</i> A. BR.	<i>P. monilifera</i> L.	Nordamerika. Feuchte, selten überschwemmte Standorte
<i>Populus mutabilis</i> H.	<i>P. euphratica</i> OLIV.	Nordamerika. Flussufer, Auenwald
(?) <i>Salix longa</i> A. BR.	<i>S. longifolia</i> MÜHLB.	Nördliches Nordamerika. Bergwald
<i>Smilax sagittifera</i> H.	<i>Smilax aspera</i> L.	Mittelmeergebiet bis Indien. Macchien und Wälder, trockenresistent
<i>Zelkova ungeri</i> KOVATS	<i>Z. crenata</i> SPACH.	West- und Ostasien. Nicht feuchtigkeitsliebend, Bergwald
Fächerpalmen		Mittelmeergebiet, Orient, Ostasien, mittleres Nordamerika, Tropen
Lauraceen		Tropen, Subtropen
Leguminosen		Tropen, Subtropen. Mesophytenwald
Monokotyledonen		

Flora von Bühl (Jüngere Juranagelfluh, OSM)

<u>Fossile Pflanze</u>	<u>Rezente Vergleichsform</u>	<u>Verbreitung und ökologische Ansprüche</u>
<i>Cinnamomum polymorphum</i> FRENTZEN	<i>C. camphora</i> NEES & EBERM.	Östliche Monsunländer, Japan, Korea, China. Feuchtigkeitsliebend, hügelige Gebiete bis etwa 500 m.ü.M.
(?) <i>Nelumbo</i>	<i>N. uncinifera</i> GÄRTN.	Kaspisches Meer bis Ostasien. Seen, Teiche
<i>Populus</i> , (?) <i>P. balsamoides</i> GÖPP.	<i>P. balsamifera</i> L.	Zone der borealen Nadelwälder Nordamerikas. Sommergrüne Laubgehölze auf nassen oder zeitweise überschwemmten Standorten
<i>Populus</i> , (?) <i>P. latior</i> A. BR.	<i>P. monilifera</i> AIT.	Nordamerika. Feuchte, selten überschwemmte Standorte
<i>Populus mutabilis</i> H.	<i>P. euphratica</i> OLIV.	Nordamerika. Flussufer, Auenwald
Leguminosen		Tropen, Subtropen. Mesophytenwald

Beilage 3:

Die fossilen Floren der Melaniensande und der Jüngeren Juranagelfluh



Karte der Tertiären Ablagerungen auf dem Kleinen Runden (südlicher baltischer Klettgau). Nach GRAF 1988.
Tektonik des Klettgau- und Schwarzbachtales nach SCHÖBER 1989.

Beilage 4

Epochen		Stufen		Litho-Stratigraphie	Herkunft des anorganischen Materials				
Mediterran		Zentrale Paratethys			autochthon	lokal	Schwarzwald-Hochgebiet	Napf-Schuttfächer	Frankenwald
Miozän	Langhian	Badenian	Obere Süßwassermolasse						
				Süßwasserkalke der Juranagelfluh		Formation der Jüngeren Juranagelfluh			
	Burdigalian	Karpatian	Obere Meeresmolasse			Melaniensande			
		Ottomanian			Austernagelfluh				
				Albstein	Brekzienkalk Küstenbildungen		Brekzienkalk Küstenbildungen		
				Heliciden-Schichten	Mittlere Juranagelfluh Graupensande				
							Geröllführende Sande		
					Schiefermergel	Muschelsandstein			
					Quarzitnagelfluh				
				Turritellenkalk					
					Streifensandstein	Basiskonglomerat			

Beilage 5 Stratigraphische Tabelle der Ablagerungen der OMM und OSM: Kleiner Randen und die Herkunft des anorganischen Materials.

Geröllkategorien			subjurassische Gesteine								alpine Gesteine			
			Tertiär	Weissjura (Malm)	Braunjura (Dogger)	Spatkalk	Schwarzjura (Lias)	Muschelkalk	Buntsandstein	Grundgebirge	Kristallin	Sedimente	Quarzgesteine	
Lithologische Einheit	Probennummer	Koordinaten	Albstein dichter, heller Kalk Silex	Hauptrogenstein Korallenkalk Spatkalk dichter, gelber Kalk	Posidonienschiefer Arietalkalk	spätiger, grauer Kalk dichter, grauer Kalk zuckerkörniger Quarzit oolithischer Hornstein	roter oder gelber Sandstein	Kristallin	Plutonite, Vulkanite Metamorphite	Kalke, Dolomite Radiolarite Flysch	Quarzite Gangquarze			
Kgl. Reutehöfe	KgR 1	672.700 / 273.450	1 41	12 4 5	1 3	30 57 1	1							
M. Juranagelfluh	AJN 1	674.700 / 274.700	25 3	20 4 17 13	2 11	41 28 1								
M. Juranagelfluh	AJN 2	674.550 / 273.750	44 1	15 4 1 19	3 11	37 39 1	1							
M. Juranagelfluh	AJN 4	673.400 / 274.300	22 3	24 1 4 26	12	31 46 2	3							
Austernagelfluh	ANF 1	676.200 / 273.450	3 13	6 6 9	7	14 1 2	3							
Austernagelfluh	ANF 2	679.700 / 276.750	3	5 4 2	1	7 8			5 7	18 2 16	47 42			
Austernagelfluh	ANF 3	668.500 / 269.750	7	4 3 6	2	6			12 22	42 8 10	25 51			
Austernagelfluh	ANF 4	674.500 / 272.350	17 1	3 11 3	1 10	23 24			14 26	36 8 8	30 50			
Austernagelfluh	ANF 5	672.650 / 273.300	1 54	22 12 14	1 8	31 32 1			5 13	16 3 3	26 33			
Austernagelfluh	ANF 6	672.250 / 271.300	1 8 1	3		1 1	1		1 2	4 2	4 5			
J. Juranagelfluh	JNF 1	674.400 / 272.700	1 14	25 7 10 19	2 14	55 43 4 1	4		8 19	28 9 11	42 42			
J. Juranagelfluh	JNF 2	670.350 / 272.500	2 25 2	19 2 15 11	1 10	54 50 3 1	5							
J. Juranagelfluh	JNF 4	676.700 / 272.900	14 5	29 12 20	6 18	63 23 4 2	7 3							
J. Juranagelfluh	JNF 6	672.550 / 272.700	24	23 1 4 18	6 20	43 41 3	4	1						
J. Juranagelfluh	JNF 7	672.800 / 272.850	16 2	23 4 2 12	5 24	36 51 3	4	5						
J. Juranagelfluh	JNF 8	672.950 / 272.400	28 5	27 2 4 8	2 12	49 37 1	3							
J. Juranagelfluh	JNF 9	675.800 / 273.250	8 2	16 1 5 13	7	19 27	1							
J. Juranagelfluh	JNF 10	675.800 / 273.400	20 2	15 2 7 17	11	34 64 1	3	1						
J. Juranagelfluh	JNF 11	670.500 / 272.600	2 17	26 5 2 10	2 8	43 33 2	2 2	1						

Beilage 6 Geröllanalysen der konglomeratischen Bildungen des Kleinen Randen

