© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol. 11 295—327 München, 15. 12. 1971

Obere Süßwassermolasse (Hangendserie) über Rieströmmermassen bei Graisbach (südöstliches Vorries) und ihre Bedeutung für die Landschaftsgeschichte der Schwäbisch-Fränkischen Alb

Von Horst Gall[1])

Mit 6 Abbildungen

Zusammenfassung

In einem Gelegenheitsaufschluß bei Graisbach (Gradabteilungsblatt 7231 Genderkingen, südöstliches Vorries) wurden etwa 150 m über dem Donautal, Rieströmmermassen rinnenartig überlagernd, maximal 3,5 m mächtige fluviatile Geröllsande angetroffen. Die Ergebnisse sedimentpetrographischer Untersuchungen erlauben zusammen mit den Lagerungsverhältnissen eine Zuordnung zum postriesischen Anteil der Oberen Süßwassermolasse. Die Geröllsande sind als jüngste und nördlichste Schüttung der Hangendserie (Ober-Sarmat bis Unter-Pont) im Molassebecken aufzufassen. Aus geologisch-paläontologischen Gründen muß die „Urmain"-Nordschüttung der Monheimer Höhensande als altersgleich angenommen werden. Der Verzahnungsbereich der Schwemmfächer von „Urmain" und den Alpenflüssen wird in einer Zone etwa längs der Linie Wellheim-Donauwörth vermutet. Die Hochschotter Krumbeck's (1927 b) auf der Südlichen Frankenalb werden als deutlich jüngere, mittelpliozäne Ablagerungen der „Urdonau" und des „Urmain" gedeutet. Neben der postriesischen „Urmain"-Nordschüttung der Monheimer Höhensande konnte bei Altisheim auch eine präriesische Nordschüttung eines Vorläufers des „Urmain" erkannt werden, die die alte Anlage und die Langlebigkeit dieses Flußsystems belegt. Für die Landschaftsgeschichte Süddeutschlands im jüngeren Tertiär ergibt sich — wie auch für die Monheimer Höhensande (Gall & Müller 1970) — aus der Höhendifferenz zwischen dem tief eingeschnittenen Talsystem eines noch nach W gerichteten präriesischen Flusses im Gebiet der heutigen Donau um Donauwörth und dem hochgelegenen postriesischen Graisbacher OSM-Vorkommen die Notwendigkeit einer gewaltigen, zuletzt flächenhaften Reliefplombierung an der Wende Miozän-Pliozän mit Sedimentmächtigkeiten von mindestens 150 m.

Ein Abriß der Landschaftsentwicklung zeigt die Wechselfolge von Phasen der Heraushebung mit Reliefbildung und solchen der Absenkung mit Zuschüttung auf, in die sich die nunmehr endgültig gesicherte, regionale postriesische Reliefplombierung zwang- und lückenlos einfügt.

[1]) Dr. H. Gall, Institut für Paläontologie und hist. Geologie, 8 München 2, Richard-Wagner-Str. 10/II.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Summary

In an temporary exposure near Graisbach (topographical map 1:25000 7231 Genderkingen, south-eastern surroundings of the Ries Crater, Bavaria) a channel filled with sands and gravels of a maximum thickness of 3.5 m was found about 150 m above the level of the Danube valley, covering „Bunte Breccie". The results of gravels and heavy minerals studies combined with the stratigraphical conditions made it possible to attach them to the „post-Riesian" part of the Upper Freshwater Molasse. The gravel-sands are the youngest and most northern accretion of the „Hangendserie" (Upper Sarmatian to Lower Pontian) in the South German Molasse Basin. For geological-paleontological reasons the „Ur-Main" accretion of the „Monheimer Höhensande" coming from the North are considered to be of the same age. The area of interfingering of the accretion systems of the „Ur-Main" with the rivers coming from the Alps is suggested to be situated in a belt between Wellheim and Donauwörth. KRUMBECK's (1927 b) „Hochschotter" on the Southern Franconian Alb are redefined as younger sediments of the Middle Pliocene of the „Ur-Danube" and „Ur-Main". In addition to the „post-Riesian" „Ur-Main" accretion of the „Monheimer Höhensande" a „pre-Riesian" transport by a forerunner of the „Ur-Main" was detected, which testifies the early origin of this river-system. The geomorphological development of Southern Germany in Upper Tertiary is characterised by dumping an extraordinary amount of sediments (at least 150 meters thick) in the existing valleys and depressions at the turn of Miocene/Pliocene. This is evidenced by the difference in altitude between the deeply incised „pre-Riesian" valley systems and the „post-Riesian" Upper Freshwater Molasse sediments of Graisbach situated about 150 meters higher. The westward flowing „pre-Riesian" river was situated near the present course of the Danube near Donauwörth.

Inhalt

I. Einführung 296
II. Obere Süßwassermolasse von Graisbach 297
II. 1. Geographische Lage und Aufschlußverhältnisse 297
II. 2. Lagerungsverhältnisse und Fazies 298
II. 3. Altersstellung 308
III. Beziehungen zwischen Graisbacher Hangendserie und Monheimer Höhensanden 311
IV. Die Bedeutung der Graisbacher Geröllsande für die Landschaftsgeschichte Süddeutschlands 316
V. Angeführte Schriften 324

I. Einführung

In der geowissenschaftlichen Erforschung des Nördlinger Rieses und seiner Umgebung gehört die Landschaftsgeschichte im jüngeren Tertiär zu den noch nicht befriedigend gelösten Problemen. Solange die Altersstellung der Monheimer Höhensande im östlichen Vorries nicht geklärt war, konnte auch die Frage nach der Existenz einer postriesischen Reliefplombierung nicht entschieden werden. Diese ist jedoch von fundamentaler Bedeutung für die stratigraphische und paläogeographische Entwicklung des gesamten süddeutschen Raumes nach dem Ries-Ereignis. Erst

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

in jüngster Zeit gelang es GALL & MÜLLER (1970), ein postriesisches Alter der Monheimer Höhensande nachzuweisen und damit die Ansicht beispielsweise von SCHRÖDER & DEHM (1950, 116—118) über eine gewaltige, nachriesische Zuschüttungsphase zu bestätigen. Da aber eine derartige flächenhafte Plombierung nicht als isoliertes Lokalphänomen gesehen werden kann, sondern nur bei einer regionalen Absenkung der Fränkisch-Schwäbischen Alb und des Molassebeckens verständlich ist, wurde auf den Nachweis äquivalenter Ablagerungen der Monheimer Höhensande in vergleichbarer geologischer und morphologischer Situation für die weitere Vertiefung der Kenntnisse und die detaillierte Erfassung der Zusammenhänge der postriesischen Landschaftsgeschichte besonderes Augenmerk gelegt.

Im Hinblick darauf soll über ein Vorkommen von fluviatilen Geröllsanden der Oberen Süßwassermolasse (i. f. abgekürzt OSM) über Bunten Trümmermassen eingehend berichtet werden, das durch den Bau der Fernwasserversorgung der Stadt Nürnberg nördlich der Donau bei Graisbach, etwa 10 km ENE Donauwörth, erschlossen wurde. Die Untersuchungsergebnisse liefern einen wertvollen Beitrag zum Verständnis der postriesischen Reliefplombierung und Landschaftsentwicklung.

Den Hinweis auf dieses Vorkommen verdankt der Verfasser Herrn Dr. R. HÜTTNER vom Geol. Landesamt Baden-Württemberg, Freiburg i. Br., dem für seine Mitteilung an dieser Stelle herzlich gedankt sei. Die Durchführung der Untersuchungen in der vorliegenden Form ermöglichte die großzügige Unterstützung von Herrn Prof. Dr. R. DEHM, München, und des Bayerischen Geologischen Landesamtes, München, besonders von Herrn Präsident Dr. H. VIDAL und Herrn ORR Dr. M. SALGER, der die unerläßlichen Schwermineral-Analysen durchführte. Ihnen gebührt aufrichtiger Dank. Meinem Kollegen Dipl.-Geol. D. MÜLLER sei für die enge freundschaftliche Zusammenarbeit am Problem der postriesischen Reliefplombierung gedankt.

II. Obere Süßwassermolasse von Graisbach

II. 1. Geographische Lage und Aufschlußverhältnisse

Das Vorkommen liegt im südöstlichen Vorries (südwestliche Frankenalb), etwa 2 km NE Graisbach (Gradabteilungsblatt 7231 Genderkingen; R 4420405, H 5403150), 10 km ENE Donauwörth (Abb. 1). Es wurde im Sommer 1970 durch die Baugrube für einen Wasserhochbehälter der neuen Leitung der Fernwasserversorgung Nürnberg erschlossen. Die morphologische Position entspricht der der Monheimer Höhensande in der engeren Umgebung: als kleinflächiger Erosionsrest liegt es auf einem isolierten Geländerücken in einer Höhe von 552,5 m NN, damit mehr als 150 m über dem Niveau der heutigen Donauniederung — ohne Berücksichtigung tektonischer Beeinflussung. Die nächstliegenden, bis in gleiche Höhe aufragenden Gelände-Areale sind die Höhen von Hafenreut und Buchdorf, bezeichnenderweise mit Monheimer Höhensanden.

In der etwa 40 m x 20 m großen und bis max. 6,5 m tiefen Baugrube des Wasserbehälters waren im Herbst 1970 trotz der durch Sedimentrutschungen und ständige Baumaßnahmen bedingten Aufschlußveränderungen gute Untersuchungsverhältnisse gegeben. Es konnten an mehreren Stellen tiefgreifende Vertikalprofile aufgenommen werden, wozu der vom Scheitelbehälter nach Norden führende Leitungsgraben keine Möglichkeit bot, da er nie in ganzer Länge offen und stets sehr flachgründig war.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Abb. 1: Lageskizze des OSM-Vorkommens NE Graisbach im südöstlichen Vorries (Gradabteilungsblatt 7231 Genderkingen).

II. 2. Lagerungsverhältnisse und Fazies

Eine neuere detaillierte Aufnahme der geologischen Verhältnisse des Raumes um Graisbach liegt nicht vor. Auf der Geognostischen Karte des Königreichs Bayern 1:100 000 Blatt XV Ingolstadt (v. GÜMBEL 1889) wird auf dem exponierten Höhenrücken NE Graisbach lehmige und sandige Albüberdeckung ausgeschieden. Die einzige geologische Spezialkarte im Maßstab 1:25 000 von FESEFELDT (1962) beschränkt sich auf die Gliederung und Verbreitung des autochthonen Weißjura; die postjurassischen Bildungen — mit Ausnahme der augenfälligen Riesgriese — werden unter „Überdeckung" zusammengefaßt. Die bei mehreren Geländebesuchen zusammen mit Herrn Dipl.-Geol. D. MÜLLER in der Umgebung des OSM-Vorkommens durchgeführte Überprüfung der geologischen Verhältnisse mit Hilfe des 1,5 m-Pürckhauer-Bohrstockes erbrachte, daß die Gesteinsserie der postriesischen OSM noch etwas weiter verbreitet ist und etwa unter der 550 m-Isohypse nach allen Richtungen von Riestrümmermassen unterlagert wird, was auch der Aufschluß in der Grube zeigt. Dieser Bunten Breccie sind die OSM-Sedimente, u. a. auf Grund des Auftretens von Riesschutt in gleicher Höhenlage, rinnenförmig eingelagert. Nur die Wurzelzone der ehemals sicher flächenhaft verbreiteten Sedimentdecke blieb von der Erosion verschont, ebenso wie die liegenden Trümmermassen, die das höchstgelegene Vorkommen im donaunahen Gebiet darstellen (Abb. 2). Dieser Geländebefund deckt sich mit den Beobachtungen HÜTTNER's (schriftl. Mitt. vom 28. 9. 70), der im Aushubmaterial des Leitungsgrabens von der Baugrube nach N bis zu den „Sulz-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

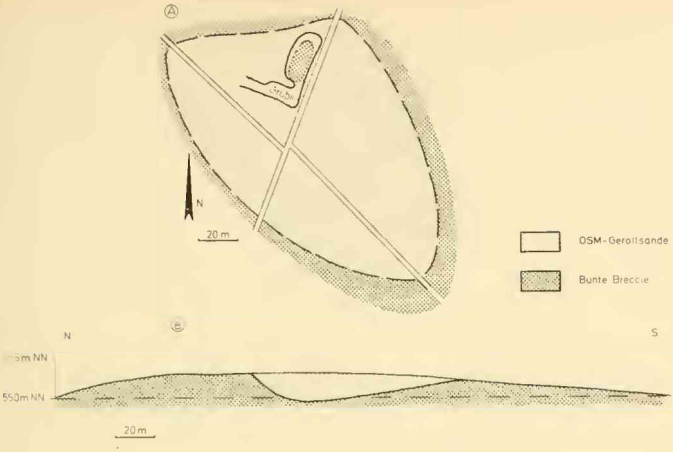


Abb. 2: Der rinnenartig in Bunte Breccie eingelagerte Erosionsrest von Geröllsanden der OSM NE Graisbach.
A: Verbreitungsskizze
B: N-S-Profilskizze.

wiesen" ausschließlich Bunte Breccie (mit beträchtlichem Anteil an Molassematerial) vorfand. Auch hangabwärts nach Süden bis zur Donauniederung und nach Westen müssen Rieströmmermassen flächenhaft unter einer geringmächtigen quartären Überdeckung anstehen, worauf die von FESEFELDT (1962) ausgeschiedenen Vorkommen von Riesgries sowie eigene Beobachtungen beim Neubau des Straßenabschnittes Graisbach — Wasserbehälter und in Bachgräben hinweisen. Die Oberflächenbefunde im östlichen Vorfeld werden durch Bohrprofile (BIRZER 1969, 26 ff.) bestätigt, in denen ausschließlich Bunte Breccie, im tieferen Teil häufig mit beigemengtem Material von präriesischer OSM, erscheint. Den Höhenrücken NE Graisbach bauen somit in etwa 2 km weitem Umkreis überwiegend Rieströmmermassen auf. Auch in der Baugrube (Planskizze siehe Abb. 3) werden die über 550 m NN mit max. etwa 3,5 m Mächtigkeit auftretenden fluviatilen Sedimente der OSM ganz eindeutig von Bunter Breccie unterlagert, die hier als richtungslos-körniges, polymiktes Gemenge mit reichlicher Beimengung von präriesischem OSM-Material erscheint. Von den in der Baugrube, die einen der in diesem Raum sehr seltenen stratigraphischen Festpunkte darstellt, abgenommenen P r o f i l e n seien folgende zwei wiedergegeben:

Profil an der SW-Aufschlußwand (Abb. 4; Lage im Grubenbereich siehe Abb. 3); die Schichtenfolge 9. bis 2. ist der OSM zuzuordnen, der Komplex 1. ist die liegende Bunte Breccie.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

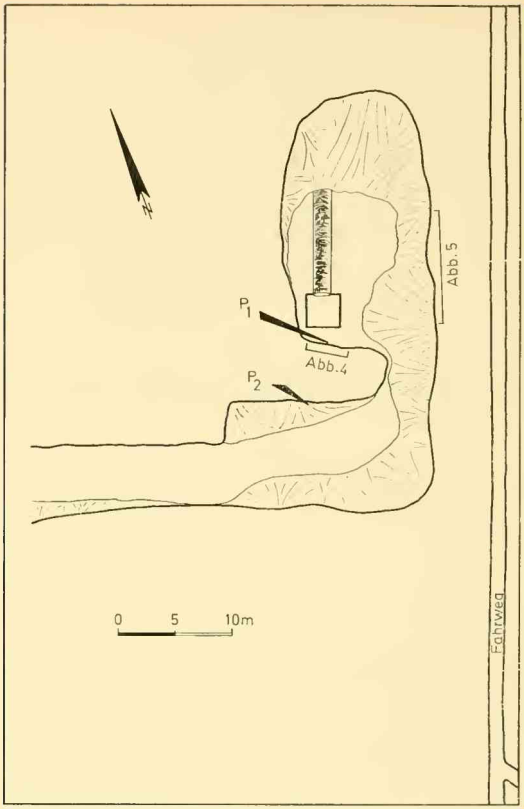
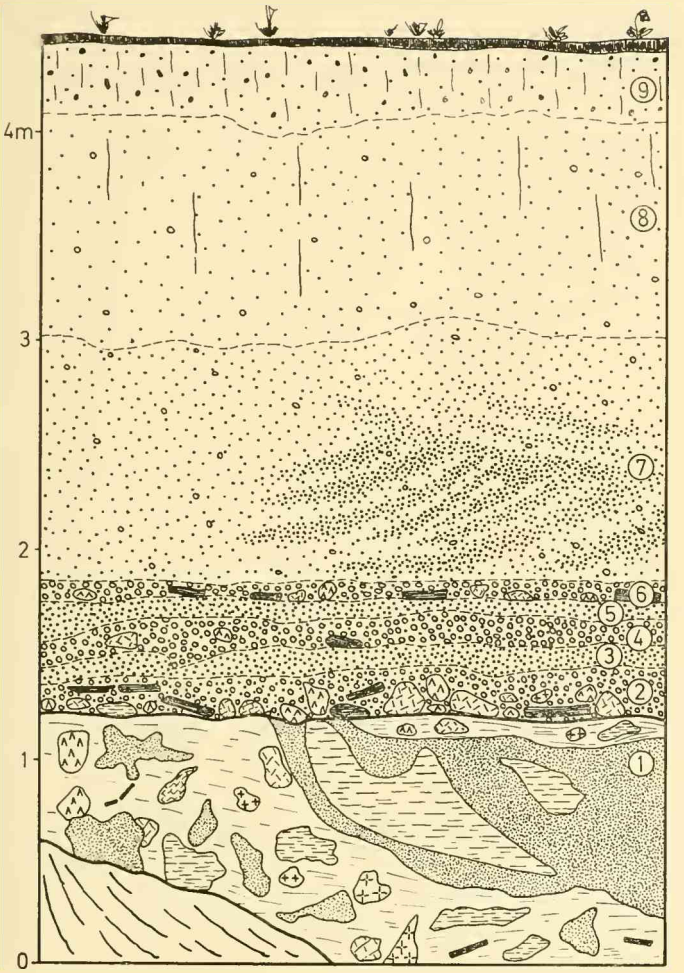


Abb. 3: Planskizze der Baugrube für den Hochbehälter der Fernwasserversorgung Nürnberg NE Graisbach (R 4420405, H 5403150) mit Lage der Detailprofile (Abb. 4 und 5) und der Proben-Entnahmestellen; Stand 31. 10. 1970.

Abb. 4: Profil der südwestlichen Aufschlußwand der Baugrube NE Graisbach (vgl. Abb. 3). Bunte Breccie (1) wird von fluviatilen Geröllsanden der OSM (2—9) überlagert. Schichtenbeschreibung siehe Text.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

10. 5 cm Humusauflage.
9. 30 cm Lehm, sandig; hellgrau, gebleicht, mit zahlreichen Fe-Mn-Konkretionen bis 1 cm (Pseudogley).
8. 120 cm Mittel- bis Grobsand, glimmerreich, vereinzelt gröbere Gerölle (überwiegend Quarz); lehmig, gelbbraun, mit fahlgrauen Ausbleichungspartien längs Klüften.
7. 120 cm Mittel- bis Grobsand, glimmerreich, vereinzelt gröbere Gerölle (überwiegend Quarz); gelblich-hellbraun, vor allem im tieferen Profilabschnitt deutliche Schüttungsstrukturen in Form von Kreuzschichtung, untergeordnet Schrägschichtung.
6. 10 cm Feinkies mit hohem Grobsandgehalt; gelblich-grau; zahlreiche Grobkomponenten aus Weißjura-Massenkalk und -Hornstein sowie Weißjura-Zeta-Kieselplatten.
5. 8—20 cm Mittelsand, glimmerreich; ockerfarben.
4. 10—20 cm Feinkies mit Grobsandgehalt und vereinzelten Grobkomponenten (petrographischer Bestand wie in Lage 6).
3. 8—20 cm Mittelsand, glimmerreich; ockerfarben.
2. 15—25 cm Sohlflächenpflasterung aus größtenteils nur schwach kantengerundeten Blökken und Platten bis 15 cm Durchmesser in Grobsand und Feinkies; zum Hangenden abnehmende Korngrößen. Bestand der Grobkomponenten, die überwiegend als Restschutt aus Bunter Breccie zu deuten sind: Weißjura-Zeta-Kieselplatten (aus Mörnsheimer Schichten oder Röglinger Bankkalken) und Weißjura-Hornsteine als Lokalmaterial aus der Albüberdeckung, das von den Trümmermassen im Vorries aufgenommen wurde, während des Zeitraumes bis zur Sedimentation der Graisbacher OSM aus den freiliegenden Trümmermassen auswitterte und im folgenden bei der Molasseablagerung angereichert wurde; untergeordnet treten auch — zu Beginn der OSM-Sedimentation aufgearbeitete — Komponenten der liegenden Bunten Breccie auf, wie mürber Gneis und Diorit, Trias-Ton und Weißjura-Massenkalk.
1. Bunte Breccie: Liegendes der OSM-Geröllsande unter flachem Feinrelief, hier max. 1,20 m erschlossen. In der bräunlichen, sehr sandigen, tonmergeligen Grundmasse der frischen, richtungslos-körnigen Bunten Breccie waren erkennbar: Unvergrieste Weißjura-Massenkalk-Blöcke; kleinstückige Komponenten aus Dogger-Beta-Sandstein, blaßgrünen Sanden und violett- oder karminroten Tonen der Trias; Granit und Diorit. Besonders bezeichnend sind Lokalmaterialien, von den Trümmermassen im Vorries beim riesauswärtigen Weitergleiten aufgenommen: Weißjura-Zeta-Kieselplatten und Weißjura-Hornsteinknollen aus der Albüberdeckung, vor allem aber auffallend große Schollen aus grellgelben oder hellgrünlich-braungelben, marmorierten Tonen und gelblich-grünlichen Glimmersanden der präriesischen OSM (im Gegensatz zu den postriesischen OSM-Geröllsanden im Hangenden) vom autochthonen (präriesischen) Molasseuntergrund.

Profil der östlichen Aufschlußwand (Abb. 5; Lage des Profils im Grubenbereich siehe Abb. 3); die ausgeschiedenen Sedimenteinheiten 3. und 2. gehören zur Graisbacher OSM, 1. ist die liegende Bunte Breccie.

3. Mittel- bis Grobsand, glimmerreich, mit einzelnen Geröllen (fast nur Quarz); gelbbraun, auf Klüften Beläge von hellgrauem, herabgespültem Tonmaterial, zum Hangenden zunehmend stärkere Verlehmung und Auflösung der Schichtung durch sekundäre Vermengung.
2. Mittel- bis Grobsand, glimmerreich; hellgelblich-braun, teils längs der Schichtung, vorwiegend aber an Klüften hellgrünlich-grau gebleicht. Die Gesteinsserie, rinnenförmig in die liegende Bunte Breccie eingeschnitten, zeigt deutliche primäre Schüttungsstrukturen: Im nordöstlichen Bereich Ausbildung eines reliktisch erhaltenen Sedimentkörpers mit schräggeschichteten Kleinkieslagen, zu deuten als Bogenschüttung, deren Sättel völlig und deren südliche Muldenteile partiell in einer sich nach SW verlagernden Rinne gekappt sind. Die Transportrichtung der Sedimente muß senkrecht zur Aufschlußwand verlaufen sein; dem generellen Schüttungssinn zur Zeit der OSM im Alpenvorland entsprechend (Füchtbauer 1954a; Grimm 1965, 58) ist eine Lieferung von Osten nach Westen anzu-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

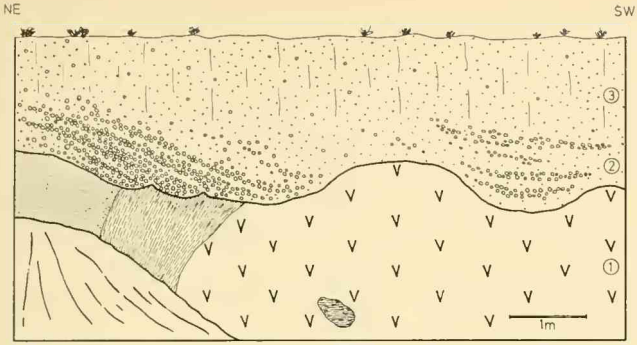


Abb. 5: Profilskizze der östlichen Aufschlußwand der Baugrube NE Graisbach (vgl. Abb. 3). Geröllsande der OSM (2—3), mit deutlichen primären Schüttungsstrukturen, lagern in einem rinnenartigen Relief über Bunter Breccie (1). Schichtenbeschreibung siehe Text.

nehmen. Im SE-Teil der Aufschlußwand sind die fluviatilen Geröllsande teils parallel, teils schräg geschichtet. Gesamtausdehnung der einzelnen Schüttungskörper über 2 m. An der Basis der Erosionsrinnen Anreicherung grobklastischen Materials, vornehmlich von latent feingeschichteten Weißjura-Zeta-Kieselplatten und anderem Restschutt aus Riestrümmermassen (bis 10 cm Durchmesser).

1. Bunte Breccie: Liegendes der fluviatilen Geröllsande unter Grenzfläche mit ausgeprägtem Relief, max. 3,5 m erschlossen; wegen Verlehmung Einzelkomponenten schwer faßbar: Karminrote, grünlich gefleckte Trias-Tone, Dogger-Beta-Sandstein, zersetztes Kristallin (überwiegend Granit bis 2 cm Durchmesser); bezeichnend ist der hohe Anteil an aufgeschürftem Material der präriesischen OSM in Grundmasse und als Schollen beträchtlicher Größe (bis über 1 m, im Gegensatz zu den kleinen, aus dem Ries dislozierten Komponenten): Grünlich-ockerfarbene, mittelkörnige Glimmersande sowie grünliche bis hellgrüne Mergel mit Kalkkonkretionen und Braunkohlenton-Schmitzen (über 10 cm).

Die Fazies dieser Geröllsande über Bunten Trümmermassen NE Graisbach entspricht weitgehend der der OSM im östlichen Teil des bayerischen Molassetroges (Grimm 1957 u. a.). Unterschiede, wie die etwas geringere Korngröße der klastischen Komponenten oder die Anreicherung von härteren Materialien, lassen sich durch den längeren Transportweg erklären.

In den tieferen Profilteilen des Aufschlusses, in denen die postsedimentären Überprägungen gering sind, zeigt die fluviatile Gesteinsserie lebhaften Wechsel von Fein- bis Grobsand mit Feinkieslagen und -partien. Grobklastische Lagen im basalen Bereich der Schüttungskörper führen überwiegend die aus den Trümmermassen ausgewitterten und nur über eine geringe Entfernung konzentrierten Blöcke und Steine. Weitaus vorherrschendes Sediment sind sehr glimmerreiche, gelblich-grau bis hellrostbraun gefärbte Fein- bis Grobsande, denen Karbonat sowohl im Bindemittel wie in den klastischen Komponenten fehlt. Die Leichtminerale Muskovit und

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Chlorit sind neben der Hauptkomponente Quarz (farblos, milchig-weiß, gelblich, blaßrot, grau bis schwärzlich) in der Fraktion <0,6 mm der qualitativ untersuchten Proben bezeichnend. Weiterhin treten Gesteinsbruchstücke, Feldspat- und Hornsteinkomponenten auf. In den Grobsandfraktionen (0,6—2 mm) sind außer den überwiegenden Quarzen und dem erhöhten Feldspatgehalt vornehmlich granitisch-pegmatitische Gesteine, Glimmerschiefer, Radiolarite, Buntsandstein und dunkle Kieselschiefer zu erkennen. Diese Zusammensetzung bereits läßt an der alpinen Herkunft der Sedimente nicht zweifeln. Noch deutlicher tritt das alpine Spektrum in der Kiesfraktion 2—4 mm in den Vordergrund. Qualitative und quantitative Geröllanalysen wurden an der Fraktion > 4 mm einer Mischprobe vorgenommen, die aus geröllreichen Partien des südwestlichen Aufschlußteiles (bei P_2 in Abb. 3) stammt. Die qualitative petrographische Erfassung des Geröllbestandes soll eine Aussage ermöglichen, mit welchen benachbarten tertiären Geröllschüttungen die Graisbacher Sedimente am besten übereinstimmen und in welchem Raum das Liefergebiet zu suchen ist, wobei durch die ohne Dünnschliff durchgeführten Untersuchungen und die unzureichende neuere Literatur, speziell über den Geröllbestand der OSM, im einzelnen gewisse Unsicherheiten in Kauf genommen werden müssen.

Lokalkomponenten:

Weißjura-Restgesteine (Weißjura-Zeta-Kieselplatten bis 4 cm, vielfach porös), sehr untergeordnet.

Fremdkomponenten:

1. Quarz (Größe bis 4 cm); farblos, milchig-weiß, rötlich, grau bis schwärzlich; als Derbquarz, zum überwiegenden Teil aber als Gangquarz, z. T. mit anhaftendem „Glimmerschiefer" oder Quarzphyllit, häufig mit luckigen Hohlräumen;
2. Pseudotachylite (bis 0,7 cm); graugrün bis schwärzlich, dicht, selten; als Liefergebiet kommt nach GRAUL & WIESENEDER (1939, 9) nur ein Kristallin in Frage, das dem westlichen Teil der ostalpinen Zentralzone entspricht (nähere Lokalisierung durch HAMMER 1930);
3. Glimmerschiefer oder dünnschiefrige Paragneise (bis 3,5 cm); neben Quarz am häufigsten vertreten, teilweise als Relikte an Gangquarz; hellgrau bis hellbläulich, zumeist dünnschiefrig mit deutlichen Muskovitlagen; Metamorphosegrad unterschiedlich; der hohe Anteil am Geröllspektrum spricht für eine distributive Provinz mit überwiegend kristallinen Schiefern, wie sie in den Zentralalpen gegeben ist;
4. Grobkristalline Gneise (bis 1,5 cm); z. T. wohl Orthogneis (Granitgneis), hell; selten Hornblendegneis (bis 0,7 cm), grünlich-weißlich, mürbe;
5. Granit (bis 0,8 cm); zumeist als granitisch-pegmatitische Gesteine, hell, grobkristallin;
6. Quarzporphyr (bis 1 cm); braunrot, mit Quarz- und verwitterten, gelblichen Feldspateinsprenglingen, selten;
7. Kieselschiefer (bis 1,5 cm); hellbläulich-grau bis grauschwarz, selten rötlich-braun, dicht; zumeist mit Quarzadern, keine Radiolarienskelette;
8. Quarzbrekzie (bis 1,8 cm); bunt, mit hellgrünen und zumeist violettroten Quarzkomponenten sehr unterschiedlicher Größe; große Ähnlichkeit mit alpinen Permotrias-Gesteinen (Verrucano);
9. Sandstein (bis 1,3 cm); fein- oder grobkörnig, violett- bis hellrot; entspricht weitgehend dem Typus des alpinen Buntsandsteins;
10. Quarzit (bis 2 cm); z. T. Serizitquarzit, zumeist hellgrau, vereinzelt dunkelgrau oder grünlich;
11. Kieselkalk (bis 1,1 cm); hellgelblich-grau bis grauschwärzlich, porös oder dicht, z. T. gebändert; entspricht den kalkalpinen Jura-Kieselkalken;

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

12. Radiolarit (bis 0,9 cm); rötlich-braun bis violettrot, z. T. mit grünlichen Partien; kalkalpine Malm-Radiolarite;
13. Hornstein (bis 1 cm); graubraun, z. T. grünlich-braun; große Ähnlichkeit mit Flysch-Hornsteinen (mdl. Mitt. v. Herrn Dr. SCHIEMENZ, München).

Diese Geröllzusammensetzung belegt einwandfrei die alpine Herkunft der Graisbacher Sedimente. Die Kristallingerölle entstammen der alpinen Zentralzone, die meisten anderen Bestandteile sind aus den Nördlichen Kalkalpen und aus der Flyschzone herzuleiten. Eine exakte Bestimmung der distributiven Provinz der Gerölle, wie sie GRAUL & WIESENEDER (1939) an Tertiärschottern in den Zentralalpen und GANSS (1956) versucht haben und auf deren Schwierigkeiten GRIMM (1965) ausdrücklich hinweist, kann und soll im Rahmen dieser Arbeit nicht vorgenommen werden; der Alpenraum als Liefergebiet der Geröllsande ist als gesichertes Ergebnis jedenfalls ausreichend. Der Transport der Graisbacher Sedimente dürfte, im Einklang mit den Vorstellungen von GRAUL & WIESENEDER (1939), FÜCHTBAUER (1954a, 1967), BLISSENBACH (1957) und STIEFEL (1957), durch ein bis in die Zentralalpen zurückreichendes Flußsystem erfolgt sein, das im Enns- und Salzachgebiet ins Alpenvorland austrat und im Molassebecken von Osten nach Westen bzw. Südwesten gerichtet war. Gerölle, die auf eine außeralpine Herkunft hinweisen würden, ließen sich nicht feststellen. So stimmt das reiche Geröllspektrum der Graisbacher Ablagerungen mit dem der OSM im Osten des bayerischen Molassetroges weitgehend überein. Durch Vergleich mit den Ergebnissen der qualitativen Geröllanalysen von BLISSENBACH (1957), GRIMM (1957), STIEFEL (1957) und SCHAUERTE (1962) kann auf das gleiche Liefergebiet und ähnliche fluviatile Sedimentationsbedingungen geschlossen werden. In Geröllproben und -aufsammlungen aus der OSM im Gebiet um Freising fanden sich alle Komponenten in lithologisch übereinstimmender Ausbildung und ähnlichem Zahlenverhältnis wie in Graisbach wieder. Die Unterschiede in der Geröllzusammensetzung sind gering. So ist das Spektrum der Kleinkiese in Graisbach etwas ärmer; Kalke, Dolomite und weichere Sandsteine treten dort nicht mehr auf, dagegen ist der Anteil an resistenten kieseligen Geröllen geringfügig erhöht. Diese Abweichungen lassen sich aber zwanglos durch die stärkere, im wesentlichen mechanische Beanspruchung während eines längeren Transportweges erklären, die auch für die allmähliche Abnahme der Geröllgröße der Tertiärschotter von Niederbayern über Freising zu den Geröllsanden von Graisbach verantwortlich ist.

BLISSENBACH (1957, 35) gibt folgende durchschnittliche Zusammensetzung der jungtertiären Schotter im ostbayerischen Molassebecken:

	Quarz	Kristallin	Sediment
Landshuter Schotter	72 %	10 %	18 %
Peracher und Munderfinger Schotter	72 %	19 %	9 %

Geröllzählungen der entsprechenden Komponenten einer Probe aus den Graisbacher Sedimenten brachten folgendes Mengenverhältnis (Zahl-Prozente der Fraktion > 4 mm; Geröllzahl 830):

Quarz	75 %	
Kristallin	14 %	
Sedimente	9,4 %	Kieselgesteine (Kieselschiefer, Radiolarit, Hornstein) 5 %
Sonstige	1,2 %	Sandstein, Quarzit, Quarzbrekzien 4,4 %
Lokalkomponenten	0,4 %.	

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Vor allem mit dem Peracher Schotter (BLISSENBACH 1957), der den Graisbacher Geröllsanden stratigraphisch am nächsten kommt, ergibt sich eine ausgezeichnete Übereinstimmung in der Geröllzusammensetzung. Der etwas höhere Gehalt an Quarzmaterialien und der geringere Anteil an Kristallin in der Graisbacher Probe erklärt sich, falls er nicht innerhalb der Streuwerte der Proben selbst liegt, durch den längeren Transportweg zum Sedimentationsraum. So gestatten qualitative und quantitative Erfassung des Geröllbestandes der Graisbacher Sedimente ihre Zuordnung zur Oberen Süßwassermolasse.

Dieses Ergebnis erfährt seine Bestätigung und Ergänzung durch Schwermineralanalysen, die zusammen mit den Lagerungsverhältnissen eine noch detailliertere Zuordnung zu einem der Schichtglieder innerhalb der OSM ermöglichen. Die Proben wurden dankenswerterweise am Bayerischen Geologischen Landesamt (Sachbearbeiter ORR Dr. SALGER) untersucht.

Probe 1: Hauptgrube SW-Ecke, Lage siehe Abb. 3 (P_1)
Teufe: 2,3—2,5 m unter Flur, 0,6—0,8 m über Basis

Material: Mittel (Grob-)Sand, leicht verlehmt, Schlitzprobe über 0,2 Profilmeter (in Abb. 4 aus basalem Teil von Schicht 7).

Probe 2: Westauffahrt (Nordböschung), Lage siehe Abb. 3 (P_2)
Teufe: 2,3—2,5 m unter Flur, 0,6—0,8 m über Basis
Material: Mittel (Grob-)Sand, leicht verlehmt, Mischprobe über 0,5 Profilmeter.

Mineralbestimmung: Die Schwerminerale wurden an den Fraktionen 60—100 µ und 100—250 µ bestimmt. Die Fraktion 250—400 µ war schwermineralfrei.

Probe Nr.	Zirkon %	Granat %	Turmalin %	Staurolith %	Epidot-Zoisit %	Disthen %	Sillimanit %	Andalusit %	Rutil %	Apatit %	Titanit %	Hornblende %	Anatas %	Fraktion 60—100 µ
1	8	4	2	38	29	2		1	15	1	·	·		
2	10	3	5	15	62				5					
														Fraktion 100—250 µ
1	5	2	4	51	23	·			13	2				
2	7	1	2	30	50	1			9					

· = weniger als 1 %

Als Ergebnis fand Herr ORR Dr. SALGER die Schwermineralgesellschaft Epidot-Staurolith — ES: „Diese Epidot-Staurolith-Gesellschaft der Graisbacher Geröllsande ist nach GRIMM (1957, 1965) infolge ihres hohen Epidotgehaltes als eine alpine Schüttung anzusehen. Nicht recht zu dieser Deutung passen will der geringe Granatgehalt, denn normalerweise überwiegt sowohl in der GSA-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

wie in der GE-Provinz FÜCHTBAUER's der Granat die übrigen Hauptkomponenten. Einen Hinweis für eine Erklärung können folgende Fakten geben:

1. In der stark mergeligen Probe "(von Buchdorf, S. 312 f., die als Mischsediment mit überwiegend Alpinbeteiligung gedeutet wird)„ ist Granat stark vertreten. Er ist in der gröberen Fraktion etwa doppelt so stark wie in der feineren.
2. In den anlehmigen Grobsanden der Proben 1 und 2 von Graisbach ist Granat sehr schwach. Seine Konzentration steigt vom Groben zum Feinen um das Doppelte. Daraus kann auf eine Ausmerzung des Granat in den Proben von Graisbach durch Verwitterung geschlossen werden.

Der Apatit ist wohl, wie das Beispiel der Probe von Buchdorf zeigt, primär nur spärlich vorhanden. Der hohe Epidotgehalt der Proben läßt die Zuweisung in die Mineralprovinzen GSA_2 und GE FÜCHTBAUER's zu. Da zwischen den Proben 1 und 2 das Epidot-Staurolith-Verhältnis stark schwankt, möchte der Sachbearbeiter nach der bei FÜCHTBAUER (in LEMCKE et al. 1953) gegebenen Darstellung der Wechselwirkung zwischen GSA- und GE-Schüttung die Einstufung in die GSA_2-Provinz bevorzugen." Nach Rücksprache mit dem Verfasser und Überprüfung der Analyse hält Dr. SALGER eine Zuordnung zur alpinen GE-Provinz der OSM für wahrscheinlicher.

Bei der kritischen Auswertung der Schwermineralanalyse sind die Faktoren, die hier zu einer Verschiebung im Mineralspektrum geführt haben dürften, wie die durch große Weglänge bedingte starke Transportbeanspruchung, die intensive postsedimentäre Verwitterung und die durchaus mögliche Aufarbeitung präriesischer OSM aus der liegenden Bunten Breccie, besonders zu berücksichtigen.

Wenn auch eine mineralstratigraphische und -paläogeographische Zuordnung zu einer einzelnen der OSM-Schüttungen dadurch sehr erschwert wird, so ist doch auch durch den Schwermineralbestand, ebenso wie durch die Geröllanalysen, die Herkunft der Graisbacher Geröllsande aus alpinen Liefergebieten sichergestellt. Bei einer Einstufung in die GSA_2-Provinz ergeben sich nach der bisherigen Kenntnis der Molasseschüttungen Schwierigkeiten in ihrer räumlichen Herleitung, da nach LEMCKE et al. (1953, 39) und FÜCHTBAUER (1954a, 1954b, 1955, 1967) die GSA_2-Sedimente im Allgäu radial aus den Alpen nach Norden nur bis zur Linie Mindelheim-Memmingen vorstießen. Nur wenn diese radiale Sandschüttung durch das transportkräftige Flußsystem der axialen E-W-verlaufenden GE-Schüttung nicht ständig gegen den Alpenrand zurückgedrängt blieb und gelegentlich doch bis zur Donau vorgreifen konnte — vielleicht nur zur Zeit der Graisbacher Geröllsande, die sogar geringfügig jünger als alle im Molassebecken noch erhaltenen OSM-Sedimente sein können (S. 310) —, ergibt sich die Möglichkeit der Deutung als direkte GSA_2-Ablagerung. Eine mineralstratigraphische Zuordnung der Graisbacher Geröllsande zum oberen Teil der OSM (OSM oberhalb der A-Grenze, höheres Sarmat bis Unterpliozän) wäre nach LEMCKE et al. (1953), FÜCHTBAUER (1954a, 40; 1954b) und GRIMM (1965, 58) dann zu vertreten. Die Lagerungsverhältnisse in Graisbach lassen jedoch auch die Deutungsmöglichkeit diskutieren, daß Material der präriesischen OSM, die in der liegenden Bunten Breccie vertreten ist, durch das Flußsystem einer primären axialen GE-Schüttung der OSM aufgearbeitet und beigemengt wurde. Einen Hinweis auf ein gemischtes Spektrum könnte der Mineralvergleich der Graisbacher Proben mit der Schüttungscharakteristik bei LEMCKE et al. (1953, 70) geben, wobei die im tieferen Teil des Graisbacher Aufschlusses entnommene Probe 1 (weniger verwittert, Wahrscheinlichkeit einer Spektrumsverschiebung durch aufgear-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

beitete präriesische OSM größer) mehr einer GSA_2-Sedimentation, entstanden durch Mischung primärer GE-Schüttung und aufgenommener GSA_1-Schüttung, entspricht, während die aus dem höheren Profilabschnitt stammende Probe 2 (stärker verwittert, Beeinflussung durch Aufarbeitung geringer) einer verarmten GE-Schüttung ähnelt. Leider ist jedoch die Mineralzusammensetzung der präriesischen OSM in der Umgebung nicht genügend bekannt. Eine radiale GSA_1-Schüttung der präriesischen OSM, die das Spektrum der Probe 1 erklären könnte, besteht nach FÜCHTBAUER (1954a) im Donauraum nicht; es dominiert die GE-Provinz. Die GSA_1-Schüttung drang jedoch zur Zeit der Süßbrackwassermolasse, der nach SCHETELIG (1962, 38 ff.) aus paläontologischen Gründen wahrscheinlich der älteste Teil der präriesischen OSM im Raum Donauwörth entsprechen dürfte, weit nach Norden vor.

Die Zuordnung der Graisbacher Geröllsande zur alpinen GE-Provinz der OSM, die schon bei der Deutung als Sediment mit Mischspektrum angenommen werden muß, bringt keine Schwierigkeiten, da auch die Gerölle eine kräftige axiale Schüttung im Nordteil des Molassebeckens bis in den Donauraum belegen; eine mineralanalytische Einstufung in eine bestimmte Einheit der OSM ist dann jedoch nicht möglich. Im Mineralspektrum der axialen, ostwestlichen GE-Schüttung, die nach LEMCKE et al. (1953) und FÜCHTBAUER (1954a) zur Zeit der OSM nahezu das gesamte Molassebecken eroberte, müßte der Staurolith, nach GRIMM (1957, 161) sehr transport- und verwitterungsresistent, relativ angereichert worden sein; Granat hat die Verwitterung stark reduziert.

Ein Schwermineralspektrum von Sedimenten auf der Südlichen Frankenalb mit ähnlicher Assoziation wie in Graisbach, mit hohem Staurolith- und geringem Apatitgehalt, teilt SCHNITZER (1953, 128 ff.) aus den tortonen Süßwassermergeln von Denkendorf mit; der verwitterungssensible Granat ist jedoch wegen geringer postsedimentärer Überprägungen noch Hauptkomponente.

II. 3. Altersstellung

Die fluviatilen Sedimente von Graisbach sind eine distale Kristallinschotter-Fazies der OSM mit dem Alpenraum als distributiver Provinz. Die sedimentpetrographischen Untersuchungen gestatten aber, für sich allein betrachtet, keine eindeutige und sichere Zuordnung zu einer der stratigraphischen Einheiten innerhalb der OSM. Nur bei einer gesicherten primären GSA_2-Schüttung wäre eine direkte mineralstratigraphische Einstufung in die jüngste, oberhalb der A-Grenze gelegene OSM möglich; die Graisbacher Sedimente wären dann im höheren Sarmat bis Unterpliozän abgelagert worden und der Hangendserie der OSM innerhalb des Molassebeckens (GRIMM 1957) zuzuordnen. Aber auch bei einer Deutung der Schwermineralgesellschaft als primäre GE-Assoziation gelangt man — unter Berücksichtigung der Lagerungsverhältnisse — zur gleichen Einordnung, denn der postriesische Anteil der GE-Provinz ist nach LEMCKE et al. (1953) altersmäßig ins Sarmat bis Pont einzugliedern und entspricht demnach ebenfalls der Hangendserie.

Ungeachtet der Sedimentanalysen beweisen vor allem aber rein geologische Erwägungen, daß in den Graisbacher Geröllsanden Hangendserie vorliegt. Die Sedimente sind postriesisch. Sie lagern über Bunter Breccie, die in der Baugrube direkt im Liegenden erschlossen und rings um den Höhenrücken NE Graisbach nachgewiesen ist; nur wenig weiter im Süden reicht sie nach FESEFELDT (1962, geol. Karte)

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zwischen Leitheim und Lechsend bis unter das Niveau der heutigen Donau-Talaue. Die hochgelegenen Graisbacher Geröllsande können nur den jüngsten Teil der postriesischen OSM repräsentieren, da die zu fordernde nachriesische Reliefplombierung von den Tälern ausging und den um etwa 150 m höher gelegenen Ablagerungsraum auf der Albhochfläche nur langsam erreichte.

Kleinräumige sekundäre Umlagerungen von präriesischer OSM in ein örtliches Becken sind auszuschließen, einerseits aus faziellen Gründen, andererseits, weil die fluviatilen Schüttungsstrukturen in ihrer Größenordnung denen der OSM im Alpenvorland gleichen und daher ein gleichartiges Transportsystem fordern. Außerdem reicht gesicherte präriesische OSM in Ton- und Glimmersandfazies in nächster Nähe nur bis etwa 430 m NN herauf (Birzer 1969, Abb. 1). Selbst unter Annahme eines kräftigen präriesischen Reliefs könnten so die Graisbacher Geröllsande hiervon nicht abgeleitet werden. Zwischen präriesischer OSM und der postriesischen OSM von Graisbach liegen um 120 m mächtige Trümmermassen aus dem Rieskessel.

Die häufig gegebene Schwierigkeit der altersmäßigen Erfassung von fluviatilen Ablagerungen besteht in Graisbach nicht, da die liegende Bunte Breccie eine hervorragende Zeitmarke darstellt. Sie entstand durch das Riesereignis, das sowohl relativ auf paläontologisch-stratigraphischem Wege (höheres Torton; Dehm 1962, Gall 1969, Bolten & Müller 1969) als auch absolut durch Altersbestimmung an Suevitgläsern (14,0 ± 0,6 Mio a bzw. 14,8 ± 0,6 Mio a; Gentner & Wagner 1969) mit großer Genauigkeit datiert werden kann. Für die im Molassebecken auftretenden Bentonite und Glastuffe, die Siegl (1945/48) im Raum Mainburg auf Grund ihrer chemischen Zusammensetzung als m.o.w. stark verwitterte Suevittuffe aus dem Ries deutet, fanden Gentner, Storzer & Wagner (1969) zeitliche Koinzidenz mit der Rieskatastrophe und vermuten einen ursächlichen Zusammenhang zwischen Riesgläsern und Bentonitglasschmelzen. Die niederbayerischen Bentonite liegen nach Beschoren (1955), Batsche (1957) und Herold (1969) an der Obergrenze des Nördlichen Vollschotters. Sedimente der Hangendserie, die als jüngere Schichtserie der OSM ins Ober-Sarmat und Pont eingestuft wird (Dehm 1955; Grimm 1957), überlagern sie. Hangendserie im süddeutschen Alpenvorland und die Graisbacher Geröllsande auf der Südlichen Frankenalb, beide im Hangenden verschiedenartiger, aber altersgleicher Gesteine, gehören demnach als OSM-Sedimente mit weitgehend übereinstimmenden Merkmalen der gleichen stratigraphischen Einheit und demselben Sedimentationszyklus an. Die Graisbacher Geröllsande müssen folglich ebenfalls ins Ober-Sarmat bis Pont eingestuft werden, sie sind H a n g e n d s e r i e.

Diese durch die geologischen Verhältnisse ermittelte Einordnung läßt sich indirekt auch paläontologisch belegen. Die Graisbacher Sedimente zeigen engen räumlichen und zeitlichen Zusammenhang mit den Monheimer Höhensanden. Möglicherweise liegt im engeren Gebiet um Buchdorf sogar der westliche Mischungs- und Verzahnungsbereich der Nordschüttung der Monheimer Höhensande und der alpinen OSM-Sedimentation der Graisbacher Geröllsande vor, sicherlich jedoch ist er im Raum Donauwörth zu suchen (S. 313, 320). Die Altersfrage der Monheimer Höhensande konnte erst kürzlich (Gall & Müller 1970) durch den Fund eines Zahnfragments von *Dinotherium* aff. *giganteum* Kaup gelöst werden. Die stratigraphische Auswertung der Säugetier-Faunen der OSM durch Dehm (1949, 1951, 1955) verweist diesen großen Elefanten-Verwandten in die obersarmatische bis unterpontische jüngere Schichtserie der OSM. Die Monheimer Höhensande, eine Nordschüttung zur postriesischen OSM, sind demnach Äquivalente dieser jüngeren Schichtserie; sie sind

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

der Hangendserie im Molassebecken äquivalent, welcher auch die Graisbacher Ablagerungen angehören müssen. Die Graisbacher OSM ist demnach altersgleich mit den paläontologisch belegten Monheimer Höhensanden: Ober-Sarmat bis Unter-Pont.

Beide Sedimentfolgen können auf Grund der großen Höhendifferenz ihrer Vorkommen zu den präriesischen Talsystemen nur als jüngste Ablagerungen der postriesischen Reliefplombierung an der Wende Miozän/Pliozän aufgefaßt werden. Die Graisbacher Geröllsande sind möglicherweise noch etwas jünger als alle im bayerischen Molassebecken noch erhaltenen Molassesedimente, einschließlich der Hangendserie; sie könnten der Endphase der Hangendserie-Sedimentation angehören. Möglicherweise sind sie altersgleich mit gesichert unterpliozänen Sedimenten, die an vor Abtragung geschützten Stellen nicht nur aus dem inneren Teil des Molassetroges (etwa aus dem oberösterreichischen Hausruck-Gebiet; THENIUS 1952) bekannt geworden sind, sondern auch am Beckennordrand in den Höwenegg-Schichten im Hegau (TOBIEN 1957) vorliegen.

Die Beobachtung, daß der aus den Monheimer Höhensanden beschriebene Zahn von *Dinotherium* aff. *giganteum* KAUP etwas größer gewesen sein muß als das Vergleichsstück aus der Hangendserie von Massenhausen bei Freising (GALL & MÜLLER 1970, 124), dahingehend zu interpretieren, daß die Monheimer Höhensande — und damit auch die äquivalenten Graisbacher Geröllsande — etwas jünger seien als die Hangendserie von Massenhausen, muß allerdings kritisch bewertet werden; es handelt sich um ein fragmentäres Einzelfossil und die Vergleichsmöglichkeiten mit entsprechenden Zähnen aus dem Inneren des Molassebeckens sind lückenhaft.

Bisher war die Hangendserie der OSM, die den Abschluß der flächenhaften Tertiär-Sedimentation im Molassetrog bildet, nur etwa aus der Kernzone des Molassebeckens bekannt. Das hochgelegene, isolierte Graisbacher Geröllsand-Vorkommen belegt nunmehr mit Sicherheit ihre flächenhafte Ablagerung auch im nördlichen Teil des süddeutschen Alpenvorlandes, im Donauraum und nach Norden darüber hinaus. Sie fiel dort jedoch fast vollständig der pliozän-altpleistozänen Abtragung zum Opfer, während sie im Kern des bayerischen Molassebeckens noch flächig erhalten ist.

Postriesische OSM bzw. Hangendserie nördlich der Donau wurde bisher im SE-Vorries von ANDRITZKY (1959, 22 f.) und SCHETELIG (1962, 50 ff.), im Gebiet N Ingolstadt auf der Südlichen Frankenalb von ANDRES (1951) und SCHNITZER (1956) beschrieben. Die Vorkommen im Riesgebiet, die primär über Bunter Breccie liegen sollen, zeigen alle die gleiche morphologisch tiefe Position in Talnähe oder auf der Sohle von heutigen Nebentälern, die nach FESEFELDT (1963, 6) tief in Riestrümmermassen eingeschnitten sind und in ihrer jetzigen Form damals kaum bestanden haben dürften. Die Überprüfung der angeblichen postriesischen OSM ANDRITZKY's durch Dipl.-Geol. D. MÜLLER zeigte, daß es sich im Hangenden von Bunter Breccie um umgelagerte Mergel und Sande, vornehmlich der Oberen Meeresmolasse, mit OMM- und Malm-Fossilien, Lößschnecken, Hochschotter-Lyditen und Grobquarzen, überlagert von alluvialem Schluff, handelt. Es liegt hier also keine postriesische OSM mit umgelagertem OMM-Material vor (ANDRITZKY 1959, 22 ff.); es sind im Quartär umgelagerte Sedimente. Auch die Lagerungsverhältnisse der Vorkommen von SCHETELIG (1962, 50 ff.) beweisen die Existenz postriesischer OSM im östlichen Vorries nicht zwingend. Die Profile lassen sich, sofern sie noch überprüfbar waren, zumindest ebenso gut durch quartäre Verschwemmung erklären. Außerdem ist schwer verständlich, warum etwa im Lochbach das Riesereignis nur durch eine „dünne Lage Bunter Bresche" zwischen OSM-Sanden vertreten sein soll (SCHETELIG S. 50), während am nahen Schellenberg — erschlossen durch den Bau der Bundesstraße 2 — vom Donauniveau bis zum 100 m höher gelegenen Höhenrücken, 60 m

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

über dem fraglichen OSM-Vorkommen bei nur etwa 2 km Entfernung, ausschließlich Riestrümmermassen erscheinen. Postriesische OSM ist m. E. im Riesgebiet nur durch das hochgelegene Graisbacher Geröllsand-Vorkommen nachgewiesen. Auf der Südlichen Frankenalb machten ANDRES (1951, 39 f.) und SCHNITZER (1956, 25 ff.) Sedimente der OSM bekannt, die sie aus lithofaziellen Erwägungen mit der Hangendserie der OSM im Beckeninneren parallelisieren. Diese Einstufung steht vorerst im Widerspruch zu den bisherigen Fossilfunden N Donau (DEHM 1951, 1955; FAHLBUSCH 1964; JUNG 1968), die wenigstens teilweise aus diesen Schichten stammen und höheres Alter erwarten lassen. Auch BIRZER (1969) ordnet diese Sedimente der obermiozänen „präriesischen" OSM zu. „Postriesisches" Alter dieser OSM ist nur örtlich und nur dann denkbar, wenn die im Vergleich zu Graisbach auch relativ sehr tief gelegenen Vorkommen die ältesten „postriesischen" OSM-Ablagerungen in einem kräftigen, rinnenartigen Relief darstellten. Ihre Datierung muß, da markante Zeitmarken, wie etwa Riestrümmermassen, fehlen, auf ausreichende Fossilfunde, horizontiert aus dieser Molassefazies (Flinz- und Feldspatsande), gestützt werden; übereinstimmende Korngrößen können bei unterschiedlicher Transportweite nicht als beweiskräftig angesehen werden. So erscheint präriesisches Alter dieser Sedimente vorerst wahrscheinlicher.

III. Beziehungen zwischen Graisbacher Hangendserie und Monheimer Höhensanden

Ausführlichere Faziesbeschreibungen der Monheimer Höhensande, als deren Hauptverbreitungsgebiete die Höhen von Hafenreut, Buchdorf, Monheim und Rothenberg im östlichen Vorries bekannt sind, bringen DEHM (1931), C. DORN (1940), TREIBS (1950), SCHETELIG (1962) und GALL & MÜLLER (1970). Die erste qualitative petrographische Erfassung des Geröllbestandes ist DEHM (1931, 151) zu verdanken. GALL & MÜLLER (1970, 115 f.) diskutieren das Geröllspektrum einer Schotterprobe aus den Höhensedimenten NW Rothenberg, die als Komponenten Quarz, Lydit, Sandstein, Quarzit, Hornstein, Feldspat und Tongerölle enthielt. Da quantitative Angaben zum Geröllbestand bislang völlig fehlten, wurden Geröllzählungen an einer Probe geröllführenden Grobsandes aus der Sandgrube KOCH in Rothenberg (Blatt 7131 Monheim; R 15500, H 15110) durchgeführt. Sie zeigen folgendes Mengenverhältnis der wichtigsten Komponenten (Zahl-Prozente der Fraktion > 4 mm; Geröllzahl 805):

Quarz	80,8 %
Lydit	8,7 %
Hornstein	8,2 %
Sandstein und Quarzit	2,2 %
Feldspat	0,1 %

Diese Geröllzusammensetzung spricht für eine fluviatile Schüttung der Monheimer Höhensande aus nördlicher Richtung, worin außer C. DORN (1940, 165), der sie aus dem Alpenraum zu beziehen versucht, alle Autoren übereinstimmen. Das Einzugsgebiet des Flußsystems, des „Urmain" KRUMBECK's (1927b), muß bis in den Frankenwald gereicht haben (Lydite); als weitere Liefergebiete kommen das Sandsteinkeuper-Gebiet und die Albüberdeckung der nördlichen Frankenalb in Betracht. Die Ausgangsgesteine der Monheimer Höhensande liegen also im nordöstlichen Teil der Süddeutschen Großscholle, im Gegensatz zu den Graisbacher Höhengeröllsanden, die aus dem alpinen Raum stammen. Die unterschiedlichen Liefergebiete kommen auch in der Leichtmineralgesellschaft klar zum Ausdruck. So führen die Mon-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

heimer Höhensande wenig Glimmer und keinen Chlorit; beide Minerale sind aber in Graisbach charakteristisch.

Auch über die Schwermineralzusammensetzung der Monheimer Höhensande liegen bisher nur qualitative Angaben vor (TREIBS 1950, 24). Zur besseren lithologischen Charakterisierung wurden quantitative Schwermineralanalysen angestrebt, die dankenswerterweise Herr Dr. SALGER vom Bayerischen Geologischen Landesamt übernahm.

Probe 1:

Stickelberg SW Monheim; untere (nordwestliche) Sandgrube, NE-Ecke der SE-Wand
Lage: 7131 Monheim; R 15750, H 11180
Teufe: 3—4 m unter Flur
Material: Mittel (Grob)-Sand, frisch; Schlitzprobe über 1 Profilmeter.

Probe 2:

Rothenberg; Sandgrube KOCH, Ostgrube, Nordecke der Westwand
Lage: 7131 Monheim; R 15500, H 15110
Teufe: ca. 8 m unter Flur
Material: Grobsand, geröllführend, frisch; Mischprobe aus mehreren Schüttungskörpern.

Probe 3:

Buchdorf; Neubau Bundesstraße 2, Westböschung
Lage: 7230 Donauwörth; R 13280, H 06220
Teufe: ca. 1 m unter Flur, 1 m über Basis
Material: Tonig-mergeliger Feinsand, ziemlich frisch, Mischprobe.

Mineralbestimmung: Die Schwerminerale wurden an den Fraktionen 60—100 µ und 100 bis 250 µ bestimmt. Die Fraktion 250—400 µ war schwermineralfrei.

Probe Nr.	Zirkon %	Granat %	Turmalin %	Staurolith %	Epidot-Zoisit %	Disthen %	Sillimanit %	Andalusit %	Rutil %	Apatit %	Titanit %	Hornblende %	Anatas %	Fraktion 60—100 µ
1	90		1	<					9					
2	90		2	1	1				6					
3	40	36	9	2	2				11					
														Fraktion 100—250 µ
1	89		2	1					8					
2	84		3	2	1				10					
3	8	76	6	2	2	1			5					

< weniger als 1 %

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

In den Proben 1 und 2 liegt die Mineralgesellschaft Zirkon-Rutil-Turmalin — ZRT vor: „Die Herkunft der ZRT-Gesellschaft von Norden wird nach GRIMM (1957, 1965) und anderen Autoren als gesichert angesehen. Demnach kann als wahrscheinliches Liefergebiet für die Proben 1 und 2 der Sandsteinkeuper angesehen werden" (Dr. SALGER, briefl. Mitt.). Dieses Ergebnis stimmt mit dem der Geröllanalyse überein und sichert die Schüttung der Monheimer Höhensande in ihrem Hauptverbreitungsgebiet aus dem nördlichen Hinterland.

Ein deutlich abweichendes Spektrum brachte hingegen überraschenderweise die Probe 3, die 1967 bei Buchdorf aus feingeschichteten, hellgrau-grünen, tonig-mergeligen Feinsanden, ohne erkennbaren Glimmergehalt, entnommen worden war (vgl. GALL & MÜLLER 1970, 125). Die gefundene Schwermineralgesellschaft Granat-Zirkon-Turmalin — GZT ist gekennzeichnet durch hohen Granatanteil. Die Probe „könnte so eng begrenzte Stufen des Sandsteinkeupers wie Kbu oder Kf als Liefergebiet haben, doch spricht der außerordentlich hohe Granatgehalt und das Vorkommen von Disthen und Epidot eher für alpine Herkunft. Es wird als Mischsediment mit überwiegender Alpin-Beteiligung gedeutet" (Dr. SALGER, biefl. Mitt.). Die feinklastischen Sedimente von Buchdorf, die keine Gerölle führten und deren Liefergebiet somit auch nicht durch Schotteranalysen überprüft werden kann, scheinen im Mischungs- und Verzahnungsbereich der E-W über Graisbach verlaufenden alpinen Schüttung der Hangendserie und der Sedimentation der Monheimer Höhensande aus dem nördlichen Rückland zu liegen, wobei der alpine Einfluß dominierte. Die Buchdorfer Feinsande zeigen die Fazies von feinkörnig-tonigen Einschaltungen in den Monheimer Höhensanden, die in ihrer typischen Ausbildung wenig östlich am Höhenrücken von Buchdorf auftreten. Sie lagern unmittelbar über Bunter Breccie, deren Komponenten zum überwiegenden Teil aus dem Bereich des Rieskraters stammen, untergeordnet aber auch von Trümmermassen aufgeschürfte Vorriessedimente darstellen (nach SCHNEIDER, in ENGELHARDT et al. 1969, Typ 2 der Bunten Breccie). Von besonderer Bedeutung sind hierbei vereinzelt auftretende Fetzen von Glimmersanden der präriesischen OSM, aufgepflügt im Vorries oder ausgeworfen aus dem Ries, die in jedem Fall ein alpines Schwermineralspektrum zeigen dürften (LEMCKE et al. 1953). Die ursprüngliche Nordschüttung der Monheimer Höhensande mit ihrer Z-R-T-Mineralgesellschaft könnte im Bereich des Buchdorfer Vorkommens so durchaus aus dem Anteil präriesischer OSM in den liegenden Trümmermassen durch Aufarbeitung alpine Schwermineralien aufgenommen haben und ein primäres „Mischsediment" vortäuschen. Für diese Deutung spricht, daß aus den schlecht erschlossenen Verbreitungsgebieten der Monheimer Höhensande um Buchdorf (DEHM 1931) und Hafenreut (SCHETELIG 1962) bisher keinerlei alpine Gerölleinschaltungen bekannt geworden sind.

Das Mischungs- und Verzahnungsgebiet von postriesischer Nord- und Alpinschüttung im SE-Vorries kann daher noch nicht genau festgelegt werden, es ist aber im Raum Donauwörth zu suchen.

Für die Gleichaltrigkeit von Monheimer Höhensanden und Graisbacher Hangendserie spricht u. a. (S. 309 f.) auch das gleichartige geologische Auftreten als Erosionsrelikte in äquivalenter Höhenlage um 550 m NN über Bunten Trümmermassen von großer Mächtigkeit. Beide Sedimente liegen als jüngste Schichtglieder der gleichen, zuletzt flächenhaften postriesischen Plombierung vor, z. T. mehr als 150 m über den tiefsten Stellen des präriesischen Reliefs. BIRZER (1969,

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

12) hält die Monheimer Höhensande für Erosionsreste einer jüngsten präriesischen, von Norden geschütteten Deckschicht über aus bunten Tonen aufgebauten OSM, der die Rieströmmermassen angelagert sein sollen. GALL & MÜLLER (1970) jedoch konnten das von SCHRÖDER & DEHM (1950, 118), TREIBS (1950, 25 f.) und SCHETELIG (1962, 55 f.) vermutete postriesische Alter paläontologisch belegen und auf Ober-Sarmat bis Unter-Pont einengen; neu beobachtete Lagerungsbeziehungen der Monheimer Höhensande zu den Rieströmmermassen harmonieren mit dieser Altersstellung. Die gleiche zeitliche Einstufung ist auch für die Graisbacher Geröllsande erwiesen. Für beide klastischen Ablagerungen müssen die Transportbedingungen sehr ähnlich gewesen sein. Die Sedimentationsbilder sind fluviatil und gleichen denen, die aus der OSM im Inneren des Molassetroges bekannt sind; selbst die Korngrößen stimmen überein. Die sedimentpetrographischen Untersuchungen verweisen jedoch auf unterschiedliche Liefergebiete: Die distributive Provinz der Monheimer Höhensande war das nördliche Hinterland bis hinauf in den Frankenwald, die der Graisbacher Hangendserie der Alpenraum.

Die Monheimer Höhensande sind folglich Äquivalente der Graisbacher Geröllsande und damit auch Äquivalente der Hangendserie in der Kernzone des Molassebeckens. Sie wurden an der Wende Miozän-Pliozän von Norden zum Sedimentationsbecken der OSM geschüttet und stellen, wie die Graisbacher Hangendserie, die jüngsten Ablagerungen der nun eindeutig belegten postriesischen Reliefplombierung dar.

Die „Urmain"-Hochschotter zeigen ähnliche Geröllzusammensetzung wie die Monheimer Höhensande und lassen sich damit aus demselben Liefergebiet ableiten; sie unterscheiden sich aber durch wesentlich gröberes Korn. Aus diesem Grunde und vor allem aus flußgeschichtlichen Erwägungen sind sie jedoch jünger einzustufen (S. 322 f.).

Auffallenderweise gibt es auch präriesische Flußablagerungen, die an die postriesischen Monheimer Höhensande erinnern und wie diese von Norden, von einem Vorläufer des „Urmain" (KRUMBECK 1927 b), geschüttet wurden. Sie bezeugen somit die Langlebigkeit dieses Flußsystems. SCHETELIG (1962, geol. Karte) stellt diese, nach seiner Ansicht großflächig ENE Donauwörth im „Pfaehlhau", etwa 1,5 km NW Altisheim, auftretenden Sande zur präriesischen OSM. Sie liegen im oberen Hottergraben in einer Höhe zwischen 410 m und 460 m NN, also bis etwa 140 m unter dem Niveau der Basis der nahegelegenen Höhensande von Hafenreut und der Geröllsande von Graisbach. Morphologisch folgen über ihnen Bunte Trümmermassen, die stellenweise als Hangschutt bis auf die Sohle der Bachgräben herabreichen. Bei einem Geländebesuch mit Herrn Dipl.-Geol. D. MÜLLER ergaben sich wegen der Glimmerarmut, des Fehlens von Chlorit und des Auftretens von Lydit in einer Feinkies-Einschaltung Zweifel an einer Zuordnung der Psammite zur OSM. Bachläufe des Hottergrabens im „Pfeiferholz" haben die Sedimentfolge an mehreren Punkten erschlossen: Hellgelblich-ockerfarbene, glimmerarme Feinsande mit Sandtongeröllen bis 10 cm; untergeordnet treten auch Mittel- bis Grobsande auf, die an einer einzigen Stelle eine Kleinkieslage (maximale Geröllgröße 2 cm) führten. Traubige Kalksandstein-Konkretionen bis über 0,5 m Durchmesser sind häufig. Das Sediment zeigt lebhafte Kreuz- und Schrägschichtung. In den tiefen Aufschlußbereichen erscheinen unter einer zuweilen scharfen Grenzfläche leuchtend blaugrüne, grünlich-gelbe oder blaßviolett-braune Sandtone. Das Liegende dieser Serie war nicht erschlossen.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

In ihrer Fazies lassen sich die Sedimente im „Pfaehlhau" am besten mit basalen Schichten der Monheimer Höhensande vergleichen. Die Geröllzusammensetzung zeigt mit Quarz, Lydit, Hornstein, Sandstein und Quarzit Übereinstimmung mit dem Spektrum der Monheimer Höhensande. Die quantitative Geröllanalyse brachte folgendes Mengenverhältnis (Zahl-Prozente der Fraktion > 4 mm; Geröllzahl 485):

Quarz	68,0 %
Lydit	5,6 %
Hornstein	21,0 %
Sandstein und Quarzit	5,4 %.

Verglichen mit den Ergebnissen der quantitativen Geröllanalyse der Monheimer Höhensande (S. 311) fällt insbesondere der hohe Anteil an Hornstein auf.

Schwermineralanalyse (Sachbearbeiter Dr. SALGER):

Probe: Altisheim, Riedelbergerhof, Bachlauf im „Pfeiferholz", Prallhang, W-Ufer am Steilhang
Lage: 7231 Genderkingen; R 16180, H 54950
Teufe: 2,5—3 m unter Flur
Material: Mittel (Grob)-Sand, sehr frisch, mit Kalksandsteinkonkretionen, Mischprobe aus mehreren Schüttungskörpern.

Probe Altisheim, Riedelbergerhof	Zirkon %	Granat %	Turmalin %	Staurolith %	Epidot-Zoisit %	Disthen %	Sillimanit %	Andalusit %	Rutil %	Apatit %	Titanit %	Hornblende %	Anatas %	Fraktion 60—100 μ
	72	1	2		1				21	1			2	
														Fraktion 100—250 μ
	83		6	2	1				8					

weniger als 1 %

Als Ergebnis wurde die Mineralassoziation Zirkon-Rutil-Turmalin — ZRT gefunden, die gleiche Gesellschaft wie in den Monheimer Höhensanden vom Stickelberg und von Rothenberg. Die Sedimente NW Altisheim gehören so auf keinen Fall zur OSM, vielmehr sprechen neben den Leichtmineralien (fehlender Chlorit, wenig Glimmer) vor allem die Geröll- und Schwermineralanalysen eindeutig für eine Schüttung aus nördlicher Richtung mit Sandsteinkeuper, Frankenwald und Albhochfläche als Einzugsgebiet. Die Ergebnisse der quantitativen Sedimentanalysen stimmen weitgehend mit denen aus den Monheimer Höhensanden überein, so daß beide Ablagerungen auf das gleiche Liefergebiet bezogen werden können. Obwohl aber in dem schlecht erschlossenen Gebiet an keiner Stelle eine direkte Überlagerung der Altisheimer Sande durch Rieskrümmermassen zu beobachten war, ist doch ein postriesisches Alter und damit eine Zuordnung zu den Monheimer Höhensanden aus geologisch-morphologischen Gründen auszuschließen. Im

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Falle eines nachriesischen Alters müßte sich nämlich eine in Bunte Trümmermassen tief eingeschnittene Rinne — die Altisheimer Sande treten bis 140 m unter dem Niveau der Basis der nahegelegenen Höhensande um Hafenreut auf — mit ähnlichen Sedimenten von Altisheim in nördliche Richtung verfolgen lassen, was aber nach den Kartenaufnahmen von DEHM (1931), FESEFELDT (1962) und SCHETELIG (1962) nicht möglich ist. Aus einem Faziesvergleich der Altisheimer Sande mit den Höhensanden geht hervor, daß ihre Schüttung insgesamt bei weitaus überwiegendem Feinsandmaterial feinkörniger ist und deshalb auch die für die Monheimer Höhensande charakteristischen Grobsandlagen und Feinkieseinschaltungen nahezu fehlen. In den Monheimer Höhensanden wiederum werden keine kalkig verfestigten Sandsteine beobachtet. Die Altisheimer Sande repräsentieren so eine präriesische Nordschüttung in einem rinnenartigen System mit kräftiger Materialzufuhr von der Albhochfläche (Malm-Hornsteine!). Sie wurden von einem Vorläufer des „Urmain" (KRUMBECK 1927 b) geschüttet, der später, nach dem Riesereignis, die Monheimer Höhensande und, nach einer weiteren Sedimentationsunterbrechung, auch die lyditführenden Hochschotter von Norden her transportierte. In erster Annäherung könnte dabei ein bis in den Frankenwald zurückreichender „Urmain"-Vorläufer im Ober-Helvet als nördlicher Zubringer zur Graupensandrinne (MOOS 1925, KIDERLEN 1931) in Erwägung gezogen werden.

Die Zuordnung der Altisheimer Sande zum präriesischen Tertiär wird gestützt durch Beobachtungen von Herrn Dipl.-Geol. D. MÜLLER, der Gesteine als Komponenten der Bunten Breccie am Zollhaus N Monheim (Blatt 7131 Monheim; R 17870, H 17800) fand, deren Fazies weitgehendst mit der der Altisheimer Psammite übereinstimmt: die grüngrauen, glimmerarmen Kalksandstein-Komponenten führen neben Quarz- und Hornsteingeröllen auch kleine Lydite. Sie sind sicher präriesisch und dürften vom gleichen Flußsystem geschüttet worden sein.

Der „Urmain" läßt sich also nicht nur postriesisch mit den Monheimer Höhensanden nachweisen, sondern er muß bereits vor dem Riesereignis existiert haben, wie die Altisheimer Sande und die Funde N Monheim bezeugen; er ist ein altangelegtes und langlebiges Flußsystem.

IV. Die Bedeutung der Graisbacher Geröllsande für die Landschaftsgeschichte Süddeutschlands

Im oberen Helvet entstand infolge schwacher Heraushebung des Nordsaumes des Molassebeckens am Südrand der Schwäbisch-Fränkischen Alb die Graupensandrinne (MOOS 1925, KIDERLEN 1931), ein NE-SW-verlaufendes Flußtal mit Seitenrinnen aus dem Schichtstufenland. Ihre auf eine schmale Zone beschränkten Ablagerungen sind bisher von Schaffhausen ostwärts über Donauwörth (SCHETELIG 1962, 82) bis in den Ingolstädter Raum (mdl. Mitt. v. Herrn Dr. TRAUB, München) bekannt geworden, so daß die Fortsetzung der Hauptflußrinne bis ins Moldanubikum gesichert erscheint. Ein von KIDERLEN (1931, 307) als rechtsseitiger Nebenfluß der Graupensandrinne vermuteter Vorläufer des vornehmlich von KRUMBECK (1927 b) beschriebenen „Urmain" hat möglicherweise im Oberhelvet die präriesischen Altisheimer Sande geschüttet.

Nach wieder einsetzender Absenkung des Gebietes und völliger Plombierung der Flußrinne noch in oberhelvetischer Zeit, während der im Gebiet nördlich der Graupensandrinne zwischen den Ablagerungen der OMM und OSM eine deutliche

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Sedimentationsunterbrechung auftritt (KIDERLEN 1931, 336 ff.; GALL 1969, 65 f.), führte im Torton verstärkte regionale Absenkung des Albsüdrandes zu weitem Übergreifen der OSM auf die Alb. Im SW-Vorries überschritt diese die Klifflinie der OMM nur relativ wenig (HÜTTNER 1958, 1961), im Osten jedoch gelangte sie weit auf die lange Zeit hoch gelegene Südliche Frankenalb, bis etwa zur Linie Bieswang-Titting (BIRZER 1969); im dazwischenliegenden Raum reichte die Molassesedimentation erstmals etwa bis in den zentralen Bereich des heutigen Rieskessels (BOLTEN & MÜLLER 1969). Das präobermiozäne Relief erfuhr im Westen bis in Höhen um 600 m NN, im Osten bis 560 m NN eine nahezu vollständige Plombierung.

C. DORN (1939, 1940), ANDRES (1951) und SCHNITZER (1956) erkannten im Raum Eichstätt-Ingolstadt in faziell verschiedenartigen Süßwasserkalken — lokal mit charakteristischer Gastropodenfauna der mittleren *Silvana*-Schichten Schwabens — die tortone OSM. Hangende Tonmergel und Flinzsande ordnen ANDRES (1951) und SCHNITZER (1956) jedoch dem Sarmat und damit der postriesischen OSM zu (S. 311). Im Bereich des Vorrieses wird nach BIRZER (1969) aber eine Folge ähnlicher Sedimente von mächtigen Riestrümmermassen bedeckt. Zur präriesischen OSM gehören auch die aufgeschürften Komponenten aus Glimmersand, Mergel und Ton in der Bunten Breccie im Liegenden der Graisbacher Hangendserie. Auf der Schwäbischen Alb ist die präriesische OSM nur in spärlichen Erosionsrelikten bekannt. Von Bedeutung sind vor allem die gastropodenreichen Süßwasserkalke von Dischingen (MENGELE 1916; HÜTTNER 1958, 1961; GALL 1969) und Hohenmemmingen (GOTTSCHICK & WENZ 1916) sowie die Knollenkalke von Oggenhausen (MOOS 1925, BERZ & JOOSS 1926). Bei Oggenhausen wies MOOS (1925) über den Knollenkalken Glimmersande der präriesischen OSM nach, die im Bereich W Wörnitz nur sehr untergeordnet auftreten. Ihr Vorkommen erscheint isoliert, weit auf die Alb vorgeschoben. BERZ & JOOSS (1926) erkannten das präriesische Alter der Oggenhauser Sande an der Überlagerung durch Bunte Breccie und ordneten sie auf Grund der Gastropodenfauna den mittleren (? oberen) *Silvana*-Schichten zu. Die von SCHLOSSER (1926) aus den Sanden beschriebene Wirbeltierfauna enthält mit *Mastodon angustidens* CUVIER und *Dinotherium bavaricum* v. MEYER die typischen Elefanten-Vertreter der mittleren Serie im Beckeninneren (DEHM 1955, 84).

In ihrer weit auf die Alb vorgeschobenen Lage lassen sich die Oggenhauser Sande mit den Glimmersanden von Denkendorf N Ingolstadt (SCHNITZER 1956) vergleichen. Nach MÜLLER D. (unveröff. Vortrag anläßl. 91.Tagung Oberrh. Geol. Verin Nördlingen 1970) handelt es sich hier um die jüngsten Sedimente der Zuschüttungsphase der präriesischen OSM im Torton, die sich als Erosionsrelikte einer auch im SW-Vorries über den Süßwasserkalken einst vorhandenen Tonmergel-Glimmersanddecke deuten lassen. Weitere Reste dieser Sedimentdecke liegen offenbar in den von SCHALK (1957, 28 ff.) beschriebenen Glimmersanden von Zoltingen vor, deren Verbreitungsareal allerdings kleiner als von SCHALK ausgeschieden ist (GALL 1969, 140). Auch als aufgeschürfte Komponenten in den Bunten Trümmermassen treten diese Tonmergel und Glimmersande auf, so etwa im Raume Dischingen (HÜTTNER 1958).

Im SW-Vorries wurden jedoch diese ehemals flächenhaft verbreiteten Sedimente der OSM noch vor dem Riesereignis während einer kurzzeitigen aber kräftigen Erosions- und Reliefbildungsphase bis auf geringe Reste wieder abgetragen (HÜTTNER 1958, 1961; GALL 1969). Auch auf der Südlichen Frankenalb, wo die präriesische OSM noch großflächig erhalten ist, läßt sich diese durch Hebung des Molasse-

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

becken-Nordrandes verursachte Erosionsphase mit Eintiefungsbeträgen bis über 150 m nachweisen (BIRZER 1969, 6 ff.).

Das Entwässerungsnetz während der präriesischen Erosionsphase war nach Süden zu einem Fluß im Gebiet der heutigen Donauniederung gerichtet, dessen Abflußrichtung nicht bekannt ist. Bei dem zur Zeit der OSM vorwiegenden Achsengefälle des Molassetroges nach W und gleichgerichteten axialen Schüttungen (FÜCHTBAUER 1954a; GRIMM 1965, 57 ff.) ist es naheliegend, daß auch der präriesische „Donau-Vorläufer" von Osten nach Westen gerichtet war.

Hierauf scheint auch die Tatsache hinzuweisen, daß im südlichen Vorries im Westen ältere Tertiärsedimente das Liegende der quartären Donautal-Aufschüttungen bilden als im Osten. Ein begründeter Hinweis auf eine Entwässerungsrichtung nach Osten besteht hingegen nicht. So erscheint die Ansicht BIRZER's (1969, 11), daß der präriesische „Urmain" in eine präriesische „Urdonau" mündete, die über das Wellheimer Tal und das Altmühltal in östliche Richtung abfloß, zu dieser Zeit wenig wahrscheinlich. Daß das Altmühltal bis auf eine vergleichbare Tiefe wie das „Urmain"-Tal bei Treuchtlingen eingetieft ist, könnte zwar als Hinweis, keinesfalls aber als zwingender Beweis für eine Gleichaltrigkeit gelten. Das Alter der von BIRZER (1969) im wesentlichen präriesisch aufgefaßten Schotter des Altmühltales muß neu überprüft werden, und zwar unter Berücksichtigung der gut datierbaren Aindlinger Schotterterrassentreppe des unteren Lech (GRAUL 1943, SCHAEFER 1966), welcher nach SCHAEFER (1966) bei Rennertshofen in die Donau mündete, die von da ab das Wellheim-Eichstätter Albtal benützte (vgl. S. 323).

In die Phase erhöhter Erosion und Reliefbildung fiel im höheren Torton das Riesereignis, dessen Trümmermassen die bis zur jetzigen Tiefe, lokal auch noch darunter ausgeformten Täler plombierten. Nach BIRZER (1969, 16) wurde das nach Süden gerichtete „Urmain"-Tal südlich Treuchtlingen durch die Auswurfmassen zugefüllt, so daß als unmittelbare Folge durch Aufstau im Haupttal und seinen Nebentälern der „Rezat-Altmühl-See" entstand. Die in diesem lokalen Seebecken abgelagerten Tone, Mergel und Süßwasserkalke zwischen Treuchtlingen und Roth bei Nürnberg liegen etwa im heutigen Talniveau, maximal um fast 150 m tiefer als die auf der Albhochfläche bei Bieswang bei 550 m NN von v. EDLINGER (1966, 16) beschriebenen Algenknollenkalke der präriesischen OSM (BIRZER 1969, GALL & MÜLLER 1970). In die Aufschüttungsebene der präriesischen OSM muß sich folglich noch vor dem Riesereignis während der Erosionsphase bis 150 m tief das Talsystem des „Urmain" eingeschnitten haben, auf dessen Grund heute die Treuchtlinger Süßwasserkalke liegen. Ihr Alter ist, in Übereinstimmung mit BIRZER (1969), postriesisch, worauf u. a. auch die tief liegende Bunte Breccie neben Ries-Gries am Bubenheimer Berg hinweist. Während aber BIRZER (1969, 17) die Süßwasserkalke des „Rezat-Altmühl-Sees" aus morphologischen Gründen dem Sarmat zuordnet, vertreten KRUMBECK (1927a) und C. DORN (1939, 90 ff.) auf Grund der Gastropodenfauna ein einheitliches tortones Alter (zur „mittleren *Silvana*-Zeit"). Dies wird durch den Fund von *Dicerorhinus germanicus* WANG in Georgensgmünd gestützt (frdl. Mitt. v. Herrn Dr. K. HEISSIG, München). Die Süßwasserkalke müssen daher unmittelbar nach dem Riesereignis, noch im Torton, abgelagert worden sein und repräsentieren somit die ältesten postriesischen Gesteine. Da nur noch geringfügige Reste der Ablagerungen dieses „riesisch" geschaffenen Staubeckens erhalten sind, kann schwer entschieden werden, ob diese lokale „Rezat-Altmühl-See"-Plombierung in einem kontinuierlichen Akt zu der regionalen postriesischen Reliefplombierung überleitet oder ob dazwischen noch eine Sedimentationsunterbrechung besteht, bis die präriesische Erosionsphase regional beendet war.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Von den präriesischen, tortonen Oggenhauser Schichten unterscheiden sich die Sedimente des „Rezat-Altmühl-Sees" nur geringfügig im Alter; beide führen eine Gastropodenfauna der mittleren *Silvana*-Schichten und, wie die von C. Dorn (1939, 91 f.) vom Bühl bei Georgensgmünd wiedergegebenen und von Schlosser (1926) aus Oggenhausen beschriebenen Wirbeltierfunde zeigen, die gleichen charakteristischen Elefanten-Verwandten der mittleren Schichtserie im Molassebecken (Dehm 1955, 83 ff.). Zeitlich sind sie jedoch durch die präriesische Erosionsphase und das Riesereignis getrennt, das damit in den noch vor dem höheren Torton einsetzenden Zeitraum der mittleren Serie der OSM im Molassetrog fällt.

Im höheren Sarmat beginnt im Zuge einer regionalen Absenkung der Fränkisch-Schwäbischen Alb und des Molassebeckens die gewaltige postriesische Reliefplombierung des gesamten süddeutschen Raumes, zu deren Verständnis das Graisbacher Hangendserie-Vorkommen einen wesentlichen Beitrag liefert. Die postriesische Zuschüttung war anfangs auf die Täler beschränkt und erreichte nur langsam mit deren Auffüllung die Albhochfläche, wo sie dann flächig erfolgte. Die Notwendigkeit einer postriesischen Reliefplombierung mit maximalen Sedimentmächtigkeiten bis über 150 m ergibt sich aus der Höhendifferenz zwischen den präriesischen Talsystemen des „Urmain" bei Treuchtlingen sowie eines „Donau-Vorläufers" im Raum Donauwörth und den höchstgelegenen postriesischen Höhensedimenten. Diese reichen im nördlichen Bereich des östlichen Vorrieses als Monheimer Höhensande in der Grobfazies der Uhlberg-Schotter bis 615 m NN, im südlichen Teil in der Graisbacher Hangendserie bis über 550 m NN hinauf. Dabei kann sowohl die Nordschüttung der Monheimer Höhensande in ihrer heutigen Verbreitung als auch die Hangendserie von Graisbach wegen der geologischen Position, der morphologischen Hochlage und der Altersstellung an der Wende Miozän-Pliozän nur als jüngstes Sediment der Plombierung aufgefaßt werden. Die vom „Urmain" von Norden geschütteten Monheimer Höhensande deckten auf der Südlichen Frankenalb als weitgespannte Deltaschüttung flächenhaft den gesamten Raum zwischen dem unteren Wörnitztal im SW und der Eichstätter Gegend im NE ein (Gall & Müller 1970, 126), müssen zuletzt aber auch noch weit auf das südfränkische Schichtstufenland übergegriffen haben. Aber nicht nur im östlichen Vorries erfolgte eine postriesische Plombierung; bei ihrem regionalen Charakter mußten sich entsprechende Sedimente auf jeden Fall auch in der weiteren Umgebung ablagern. So hat eine lokal ganz gewaltige Zuschüttung mit nahezu 500 m mächtigen Seesedimenten den Rieskessel betroffen (Gall & Müller 1970, 127). Hinweise, daß auch die Schwäbische Ostalb in die postriesische Reliefplombierung mit einbezogen wurde, geben im Bereich des Vorrieses die geröllführende unterpliozäne Spaltenfüllung vom Vohbühl bei Bopfingen (Schröder & Dehm 1950, 117), das Schotter-Vorkommen bei Schaffhausen SW Harburg (Schröder & Dehm 1950, 51; Gall & Müller 1970, 127 f.) und möglicherweise auch die von G. Wagner (1926, 341) und Kranz (1925, 252 f.) beschriebenen Barrenberg-Schotter bei Lauchheim. Ein indirekter Hinweis für die postriesische Aufschüttung liegt in den sarmatischen Süßwasserablagerungen N Hofen im SW-Vorries vor (Hüttner 1961, 89 ff.; Gall & Müller 1970, 128). In ähnlicher Höhenlage (um 600 m NN) wie diese Seesedimente N Hofen und die im Steinheimer Becken, das ebenfalls plombiert worden sein muß, befinden sich W Oggenhausen Brenzsande und -gerölle auf tortonen Oggenhauser Sanden (Mall 1968, 138). Dongus (1962, 46 ff.) deutet diese Verhältnisse zusammen mit anderen Befunden im Sinne einer regionalen Absenkung und postriesischen Plombierung von Albuch und Westhärtsfeld. Selbst im Bereich der Schwäbischen Südwest-Alb ist nach Schreiner (1965, 339 ff.) eine ebenfalls sehr weitgehende, allerdings im Gegensatz

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

zur Riesalb vom Torton bis ins Unterpliozän ununterbrochen anhaltende Plombierung vorhanden.

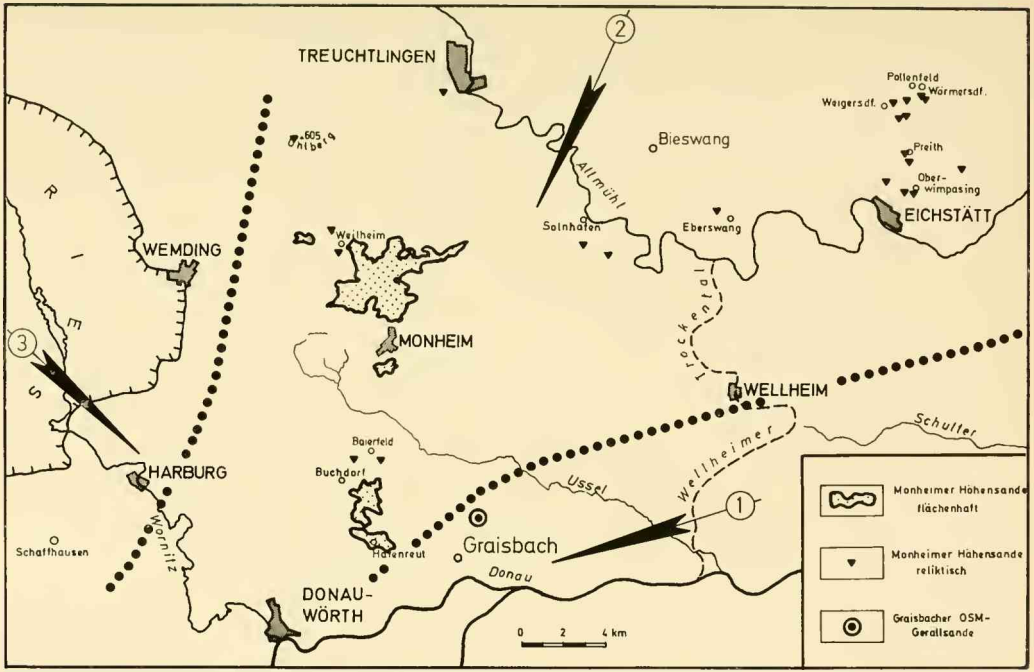
Da auch am Ostrand der Frankenalb, im Oberpfälzer Raum, ganz ähnliche Verhältnisse wie im östlichen Vorries vorliegen (TILLMANN 1964), läßt sich die postriesische Zufüllung nahezu lückenlos entlang des Nordrandes der nordalpinen Vorlandssenke von der Südwest-Alb bis ans Moldanubikum nachweisen.

Entsprechende hochgelegene Alpinschüttungen waren jedoch bislang nicht bekannt. So mußte die Beziehung der einzelnen Schwemmfächer zu den Sedimenten im Molassetrog und damit der gesamte Schüttungsmechanismus der postriesischen Reliefplombierung schwer verständlich bleiben. Von entscheidender Bedeutung für die nachriesische Landschaftsgeschichte des gesamten süddeutschen Raumes ist deshalb der Nachweis der Hangendserie der OSM bei Graisbach, die eine fluviatile Schüttung aus kristallinen und sedimentären Zonen der Alpen zur gleichen Zeit bis auf vergleichbare Höhen auf der Südlichen Frankenalb belegt. Dieser jüngste und zugleich nördlichste Schuttfächer der OSM verzahnt sich in einem Bereich wahrscheinlich etwa längs der Verbindungslinie Wellheim—Donauwörth mit der kräftigen „Urmain"-Nordschüttung. Das Schwermineralspektrum der Höhensedimente von Buchdorf mit seiner gemischten Assoziation könnte unmittelbar auf diesen Verzahnungsbereich hinweisen, doch ist eine Lokalisierung desselben hier aus geologischen und paläogeographischen Überlegungen nicht mit Sicherheit möglich.

Neben diesen beiden Hauptschüttungen aus östlicher bzw. nördlicher Richtung bestand auch eine Schüttung aus Nordwesten, die der „Ureger" WAGNER's (1926). Das Verzahnungsgebiet ihrer lyditfreien Sedimente mit der Deltaschüttung der Monheimer Höhensande dürfte am SE-Riesrand gelegen haben (GALL & MÜLLER 1970, 127 f.). Die mutmaßliche Verteilung der Schüttungen im östlichen Vorries an der Wende Miozän—Pliozän ist in Abb. 6 skizziert.

Das weite Übergreifen der flächenhaften Hangendserie-Sedimentation nach Norden und die damit verbundene Möglichkeit, ein Relief mit 150 m Höhendifferenz restlos zu plombieren, wurde durch besonders starke regionale Absenkung des Albsüdrandes im Zuge der Wanderung des Molassetrog-Tiefsten nach Norden (HAGN 1960, 158 ff.) ausgelöst. Durch die kräftigen Schüttungen aus nördlicher Richtung zur gleichen Zeit wurde die alpine Axialschüttung jedoch nach S zurückgedrängt, so daß die OSM die Donautalfurche, über die sie in präriesischer Zeit auf die Südliche Frankenalb bis zur Linie Bieswang—Titting vorgriff, nur noch geringfügig überschreiten konnte. Die noch erhaltenen Sedimente der Hangendserie im Molassebecken erreichen im östlichen Niederbayern zusammen mit einer lokalen basalen Grobschotterfazies, dem Südlichen Vollschotter, ebenfalls Mächtigkeiten bis über 150 m und plombieren ein Relief, das in die ältere OSM bis herab zu den *Oncophora*-Schichten einerodiert ist (GRIMM 1957).

Abb. 6: Schema der flächenhaften Geröllsandschüttungen im östlichen Vorries an der Wende Miozän Pliozän. Mutmaßliche Schüttungsgrenzen punktiert; 1: alpine Schüttung, 2: „Urmain"-Schüttung, 3: „Ureger"-„Urwörnitz"-Schüttung. Verbreitung der Monheimer Höhensande nach GALL & MÜLLER (1970).



© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Bei Betrachtung der süddeutschen Jungtertiär-Gebiete zeigt sich nunmehr durch das Graisbacher OSM-Vorkommen das lückenlose Ineinandergreifen einer Sedimentation an der Wende Miozän-Pliozän im Sinne einer gewaltigen und regionalen Reliefplombierung. Von ihrer Existenz muß bei der Untersuchung hochgelegener Flußablagerungen und bei der Rekonstruktion der postriesischen Landschaftsentwicklung ausgegangen werden. Der Endzustand der postriesischen Plombierung ist das Ausgangsstadium für die schrittweise Ausgestaltung der heutigen Landschaft im Pliozän und Pleistozän, wobei allerdings auf der Albhochfläche im wesentlichen das älter angelegte Relief exhumiert und überarbeitet wurde.

Im Zuge der kräftigen Heraushebung Süddeutschlands vom höheren Unterpliozän an wurden die postriesischen Sedimente auf der Alb und im Vorland wieder weitgehend abgetragen. Nur im östlichen Vorries blieben sie — offenbar in Zonen maximaler Mächtigkeit oder in geschützter Lagerung (Dolinen oder Erosionsrinnen wie in Graisbach bzw. Weilheim, GALL & MÜLLER 1970, 120 f.) — stellenweise erhalten; auch auf der Schwäbischen Ostalb treten winzige Erosionsrelikte auf. Im südfränkischen Schichtstufenland sind sie, wie auch die sicher ursprünglich vorhandenen Ries-Auswurfmassen, durch die wegen der Oberflächenentwässerung stärkeren Tieferlegung der Landoberfläche quantitativ abgetragen worden. So finden sich die Reste der postriesischen Ablagerungen — wie der Bunten Trümmermassen — nur dort, wo man sie überhaupt erwarten kann: auf der Albhochfläche mit ihrer linearen Erosion und überwiegend unterirdisch abfließenden Gewässern.

Die regionale Heraushebung erfaßte bevorzugt die Abtragungsgebiete, wie Alpen, Moldanubikum, Frankenwald, Schichtstufenland und Schwarzwald. Am Albsüdrand erfolgte die Anlage der „Urdonau" mit alpinen Nebenflüssen; auf der Alb wurden flache, weite Täler ausgeräumt. Eine Verzögerung oder ein Stillstand der Hebung verursachte etwa im mittleren Pliozän eine Aufschotterungsphase, der nach BARTZ (1961) die ältesten Donauschotter auf der Schwäbischen Alb zwischen Blumberg und Ulm angehören. Mit diesen zeigen die Hochschotter KRUMBECK's (1927b) auf der Südlichen Frankenalb in Höhenlage über Talniveau, morphologischer Position auf der Albhochfläche und Geröllgröße weitgehende Übereinstimmung.

Diese im Verbreitungsgebiet der Monheimer Höhensande reliktisch auftretenden lyditführenden Hochschotter wurden vom „Urmain" von Norden geschüttet und finden sich heute, vielfach umgelagert und sekundär angereichert, entlang des Altmühltales von Treuchtlingen bis Dollnstein und davon westwärts bis etwa zur heutigen Wörnitz. Ihre Ablagerung dürfte nicht mehr flächenhaft wie die der Monheimer Höhensande erfolgt sein, sondern mehr linear, gebunden an die durch die regionale Heraushebung geschaffenen, allerdings noch weit gespannten Talsysteme in den Monheimer Höhensanden (DEHM 1931, 154 f.; GALL & MÜLLER 1970, 126). Die Hochschotter enthalten aber neben dem von Norden stammenden Material auch solches aus dem Süden (KRUMBECK 1927b, ANDRES 1951). Es wurde entlang des Wellheimer Tales und des Altmühltales von Dollnstein bis etwa Buchenhüll E Eichstätt mit BIRZER (1969, 11) von der „Urdonau" geschüttet, in die der „Urmain" mündete. Der weitere Verlauf der „Urdonau" war nach SE, zuletzt von Buchenhüll längs des heutigen Altmühltales, gerichtet. GALL & MÜLLER (1970) erwägen noch eine m. o. w. kontinuierliche Sedimentationsphase von den Monheimer Höhensanden zu den Hochschottern unter allmählicher Kornvergröberung. Die Korngrößenänderung ist jedoch sprunghaft, selbst unter Berücksichtigung der Grobfazies der Monheimer Höhensande, der Uhlberg-Schotter (TREIBS 1950, 23). So erreichen Quarze oder Lydite in den Monheimer Höhensanden Maximalgrößen um 3,8 cm (GALL & MÜLLER 1970, 118), in den Uhlberg-Schottern um 4,5 cm (GALL & MÜLLER S. 122), in den Hochschottern nach KRUMBECK (1927b, 220 f.) aber 17 bzw. 18 cm.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

Diese Zunahme der Geröllgröße muß auf die vorausgegangene, etwa vom höheren Unterpliozän bis ins tiefere Mittelpliozän ununterbrochen anhaltende, kräftige Heraushebung Süddeutschlands und die damit verbundene Erhöhung der Transportkraft der Flüsse zurückgeführt werden. Gegen eine unmittelbare zeitliche Sequenz von Monheimer Höhensanden und Hochschottern spricht auch die Abflußrichtung der „Urdonau", die zur Zeit der Hochschotter-Ablagerung mit BIRZER (1969, 11) von W nach E gerichtet war, während die den Monheimer Höhensanden äquivalenten Graisbacher Geröllsande, den Schüttungsrichtungen der OSM entsprechend (FÜCHTBAUER 1954a), von E nach W transportiert wurden. Die Hochschotter KRUMBECK's müssen so deutlich jünger als die Monheimer Höhensande sein; zwischen beiden Sedimentationsphasen liegt eine ausgeprägte Zeitlücke, in die eine stärkere Heraushebung Süddeutschlands fällt, wodurch das Gewässernetz am Molasse-Nordrand von E—W in W-E-Richtung umgekehrt wurde. Die Hochschotter sind so als mittelpliozäne Ablagerungen von „Urmain" und „Urdonau", gebunden an weitgespannte, durch die regionale Heraushebung geschaffene Talsysteme, zu deuten. Der Ablauf dieser Akkumulationsphase und die Zusammenhänge zwischen Monheimer Höhensanden und Hochschottern wurden bereits von DEHM (1931, 154 f.) im wesentlichen richtig erkannt, während andererseits bereits TREIBS (1965, 315) ein „höchstens mittelpliozänes Alter" der Hochschotter erwägt.

Auch die Landschaftsentwicklung im höheren Pliozän und Pleistozän soll in diesem Rahmen kurz gestreift werden, da die Quartär-Ablagerungen der „Aindlinger Schotterterrassentreppe" (GRAUL 1943, SCHAEFER 1966) am unteren Lech einen weiteren, wenngleich indirekten Hinweis für die Existenz einer postriesischen Plombierung liefern. Sie stehen in direktem Zusammenhang mit Terrassenschottern des Donau-Altmühltales (vgl. KRUMBECK 1927b, ANDRES 1951 u. a.), da der Lech bereits im ältesten Pleistozän bei Rennertshofen in die Donau mündete, die ihren weiteren Weg durch das Wellheimer Tal und untere Altmühltal nahm (SCHAEFER 1966). Die ältesten Lechschotter — „Höhenterrassenschotter" von GRAUL (1943), nach SCHAEFER (1953) Ältestdiluvium, was nach mdl. Mitt. von Herrn Dr. K. HEISSIG, München, auch mit dem von STROMER & LEBLING (1929, 310 f.) angeführten Fund eines *Dicerorhinus etruscus handzellensis* WANG in Einklang steht — liegen bei Pöttmes, 20 km S Rennertshofen, bis über 100 m über den heutigen Tälern (Donaumoos) und 65—90 m über den rißeiszeitlichen Lechablagerungen. Eine vergleichbare Höhenlage müßten — ohne Annahme tektonischer Beeinflussung — altersgleiche Donauschotter im „Donau-Altmühltal" aufweisen; folgerichtig parallelisiert SCHAEFER (mdl. Mitt. in SCHIECK 1966, 29) den KRUMBECK'schen Hauptschotter (60—80 m über den rißeiszeitlichen Donauschottern) mit den ältestdiluvialen Lechschottern. Noch höher müssen im Altmühltal die Äquivalente der mittelpliozänen Donauschotter zwischen Blumberg und Ulm (MOOS 1925, KRUMBECK 1927b, BARTZ 1961, 130), die dort flächenhaft auf der Hochfläche der Alb liegen, zu suchen sein; im Altmühltal kommen dafür nur der Hochschotter von KRUMBECK (1927b) — vgl. S. 322 f. — und allenfalls noch der von ANDRES (1951, 46) beschriebene „Ältere Hauptschotter" in Betracht. Wenngleich eine Revision der seit KRUMBECK (1927b) nicht mehr eingehender bearbeiteten Ablagerungen der „Altmühl-Donau" unumgänglich erscheint, kann doch davon ausgegangen werden, daß die Talsohle der pliozän/altpleistozänen Donau als regionale Erosionsbasis wesentlich höher lag als heute, d. h., daß sich zwischen präriesischer Erosionsphase und heutigem Zustand eine Phase der Talzuschüttung eingeschaltet haben muß.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

V. Angeführte Schriften

ANDRES, G.: Die Landschaftsentwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet Hofstetten—Gaimersheim—Wettstetten nördlich von Ingolstadt. — Geologica Bavarica, **7**, 57 S., 8 Abb., 4 Taf., 1 geol. Karte, München 1951.

ANDRITZKY, G.: Geologische Untersuchungen im Ries auf Blatt Ebermergen. — Unveröff. Dipl.-Arb. Univ. München, 50 S., 5 Abb., 1 geol. Karte, München 1959 — [Manuskript].

BARTZ, J.: Die Entwicklung des Flußnetzes in Südwestdeutschland. — Jb. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **4**, S. 127—135, 2 Abb., Freiburg/Br. 1961.

BATSCHE, H.: Geologische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns. — Beih. Geol. Jb., **26**, S. 261—307, Hannover 1957.

BERZ, K. C. & JOOSS, C. H.: Über die Altersstellung der tertiären Schichten (Süßwasserablagerungen und bunter Breccie) von Oggenhausen bei Heidenheim a. d. Brenz. — Cbl. Mineral. etc., **1927**, B, S. 193—208, 1 Abb., Stuttgart 1927.

BESCHOREN, B.: Die Vorlandmolasse im Gebiet der unteren Isar. — In: Erl. Geol. Übersichtskarte Südd. Molasse 1:300 000, S. 59—67, München 1955.

BIRZER, F.: Molasse und Ries-Schutt im westlichen Teil der Südlichen Frankenalb. — Geol. Bl. NO-Bayern, **19**, S. 1—28, 2 Abb., 1 Taf., Erlangen 1969.

BLISSENBACH, E.: Die jungtertiäre Grobschotterschüttung im Osten des bayerischen Molassetroges. — Beih. Geol. Jb., **26**, S. 9—48, 14 Abb., 6 Tab., Hannover 1957.

BOLTEN, R. & MÜLLER, D.: Das Tertiär im Nördlinger Ries und in seiner Umgebung. — Geologica Bavarica, **61**, S. 87—130, 1 Tab., München 1969.

DEHM, R.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Monheim. — N. Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. **67**, B, S. 139—256, 14 Abb., 1 geol. Karte, Stuttgart 1931.

DEHM, R.: Das jüngere Tertiär in Südbayern als Lagerstätte von Säugetieren, besonders Dinotherien. — N. Jb. Mineral. etc., Abh., **90**, B, S. 1—30, 3 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1949.

DEHM, R.: Zur Gliederung der jungtertiären Molasse in Süddeutschland nach Säugetieren. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1951**, S. 140—152, 3 Abb., Stuttgart 1951.

DEHM, R.: Die Säugetier-Faunen in der Oberen Süßwassermolasse und ihre Bedeutung für die Gliederung. — In: Erl. Geol. Übersichtskarte Süddeutsch. Molasse 1:300 000, S. 81 bis 88, München 1955.

DEHM, R.: Das Nördlinger Ries und die Meteortheorie. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., **2**, S. 69—87, 2 Abb., München 1962.

DONGUS, H.: Alte Landoberflächen der Ostalb. — Forsch. dt. Landeskd., **134**, 71 S., 8 Abb., Bad Godesberg 1962.

DORN, C.: Die Ablagerungen der obermiocänen Süßwasserkalke bei Pleinfeld und Georgsgemünd in Mittelfranken. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F., **28**, S. 67—98, Stuttgart 1939.

DORN, C.: Beiträge zur Kenntnis der tertiären Ablagerungen des östlichen Vorrieses im Monheimer Gebiet. — N. Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. **84**, B, S. 129—176, 2 Abb., Stuttgart 1940.

EDLINGER, G. v.: Zur Geologie des Weißen Jura zwischen Solnhofen und Eichstätt (Mfr.). Nebst einem Karten-Beitrag von U. STAHFF. — Erlanger geol. Abh., **61**, 20 S., 6 Abb., 1 geol. Karte, Erlangen 1966.

ENGELHARDT, W. v., STÖFFLER, D. & SCHNEIDER, W.: Petrologische Untersuchungen im Ries. — Geologica Bavarica, **61**, S. 229—295, 34 Abb., 12 Tab., München 1969.

FAHLBUSCH, V.: Die Cricetiden (Mamm.) der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. — Abh. Bayer. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., N. F. **118**, S. 1—136, 67 Abb., 7 Taf., München 1964.

FESEFELDT, K.: Schichtenfolge und Lagerung des oberen Weißjura zwischen Solnhofen und der Donau (Südliche Frankenalb). — Erlanger geol. Abh., **46**, 80 S., 30 Abb., 2 Tab., 1 Taf., 1 geol. Spezialkarte, Erlangen 1962.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

FESEFELDT, K.: Der Obere Malm im südlichen Vorries. — Erlanger geol. Abh., **47**, S. 1—33, 7 Abb., 1 geol. Karte, Erlangen 1963.

FÜCHTBAUER, H.: Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. — Heidelberger Beitr. Mineral. Petrogr., **4**, S. 26—53, 6 Abb., Heidelberg 1954 — [1954a].

FÜCHTBAUER, H.: Eine sedimentpetrographische Grenze in der oberen Süßwassermolasse des Alpenvorlandes. — N. Jb. Geol. Paläont., Mh., **1954**, S. 337—347, Stuttgart 1954 — [1954b].

FÜCHTBAUER, H.: Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. — Z. deutsch. geol. Ges., **105**, (1953), S. 527—530, 1 Abb., Hannover 1955.

FÜCHTBAUER, H.: Die Sandsteine in der Molasse nördlich der Alpen. — Geol. Rdsch., **56**, S. 266—300, 12 Abb., Stuttgart 1967.

GALL, H.: Geologische Untersuchungen im südwestlichen Vorries. Das Gebiet des Blattes Wittislingen. — Inaug.-Diss. Univ. München, 156 S., 17 Abb., 1 geol. Karte, München 1969.

GALL, H. & MÜLLER, D.: Die Monheimer Höhensande. — Jber. u. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. **52**, S. 113—131, 2 Abb., 1 Taf., 1 Tab., Stuttgart 1970.

GANSS, O.: Geologie des Blattes Bergen. — Geologica Bavarica, **26**, S. 1—164, 7 Abb., 5 Beil., 1 geol. Karte, München 1956.

GENTNER, W., STORZER, D. & WAGNER, G. A.: Das Alter von Tektiten und verwandten Gläsern. — Naturwiss., **56**, S. 255—260, Würzburg 1969.

GENTNER, W. & WAGNER, G. A.: Altersbestimmungen an Riesgläsern und Moldaviten. — Geologica Bavarica, **61**, S. 296—303, 5 Abb., 2 Tab., München 1969.

GOTTSCHICK, F. & WENZ, W.: Die Sylvanaschichten von Hohenmemmingen und ihre Fauna. — Nachr.-Bl. deutsch. Malakozool. Ges., **1—3**, S. 17—112, 1 Taf., Schwanheim a. M. 1916.

GRAUL, H. & WIESENEDER, H.: Schotteranalytische Untersuchungen im oberdeutschen Tertiärhügelland. — Bayer. Akad. Wiss., Math.-Phys. Kl., Abh., **46**, S. 1—56, München 1939.

GRAUL, H.: Zur Morphologie der Ingolstädter Ausräumungslandschaft. Die Entwicklung des unteren Lechlaufes und des Donaumoosbeckens. — Forsch. deutsch. Landeskunde, **43**, 114 S., 17 Abb., 8 Beil., Leipzig 1943.

GRIMM, W.-D.: Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). — Beih. Geol. Jb., **26**, S. 97—199, 14 Abb., 1 Tab., Taf. 3—10, Hannover 1957.

GRIMM, W.-D.: Schwermineralgesellschaften in Sandschüttungen, erläutert am Beispiel der süddeutschen Molasse. — Bayer. Akad. Wiss., Math.-naturw. Kl., Abh., N. F. **121**, 135 S., 3 Abb., 10 Beil., München 1965.

GÜMBEL, C. W. v.: Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Ingolstadt (No. XV) der geognostischen Karte des Königreichs Bayern. — 34 S., Cassel (Fischer) 1889.

GÜMBEL, C. W. v.: Geognostische Beschreibung der Fränkischen Alb (Frankenjura) mit dem anstoßenden fränkischen Keupergebiete. — 763 S., 1 geol. Karte, Kassel 1891.

HAGN, H.: Die stratigraphischen, paläogeographischen und tektonischen Beziehungen zwischen Molasse und Helvetikum im östlichen Oberbayern. — Geologica Bavarica, **44**, S. 1—208, München 1960.

HAMMER, W.: Über Pseudotachylite in den Ostalpen. — Jb. geol. Bundesanstalt, **80**, S. 571 bis 585, Wien 1930.

HEROLD, R.: Eine Malmkalk-Trümmermasse in der Oberen Süßwassermolasse Niederbayerns. — Geologica Bavarica, **61**, S. 413—427, 10 Abb., München 1969.

HÜTTNER, R.: Geologische Untersuchungen im SW-Vorries auf Blatt Neresheim und Wittislingen. — Inaug.-Diss. Univ. Tübingen, 347 S., 74 Abb., 2 Tab., 10 Taf., Tübingen 1958.

HÜTTNER, R.: Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des östlichen Härtsfeldes (Schwäbische Alb). — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **4**, S. 49—125, Abb. 3—7, Taf. 4, Tab. 1—2, Freiburg i. Br. 1961.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

JUNG, W.: Pflanzenreste aus dem Jungtertiär Nieder- und Oberbayerns und deren lokalstratigraphische Bedeutung. — Ber. naturwiss. Ver. Landshut, **25**, S. 43—72, Landshut 1968.

KIDERLEN, H.: Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. — N. Jb. Mineral. etc., Beil.-Bd. **66**, B, S. 215—384, 15 Abb., 2 Taf., Stuttgart 1931.

KRANZ, W.: Dritte Fortsetzung der Beiträge zum Nördlinger-Ries-Problem. — Cbl. Mineral. etc., **1925**, B, S. 199—207, 249—256, 3 Abb., Stuttgart 1925.

KRUMBECK, L.: Über weitere neue Obermiocän-Vorkommen in Nordbayern. — Cbl. Mineral. etc., **1927**, B, S. 508—525, Stuttgart 1927 — [1927a].

KRUMBECK, L.: Zur Kenntnis der alten Schotter des nordbayerischen Deckgebirges. — Geol. u. Paläontol. Abh., N. F. **15**, S. 181—318, Taf. 14—20, Jena 1927 — [1927b].

LEMCKE, K., ENGELHARDT, W. v. & FÜCHTBAUER, H.: Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. — Beih. Geol. Jb., **11**, 109 S., 9 Taf., 31 Abb., 72 Tab., Hannover 1953.

MALL, W.: Die Geologie der Blätter Dettingen am Albuch und Giengen an der Brenz 1:25 000 (Schwäbische Alb). — Arb. Geol. Paläont. Inst. T. H. Stuttgart, N. F. **54**, S. 1—210, 24 Abb., 5 Tab., 6 Taf., Stuttgart 1968.

MENGELE, C.: Erdgeschichtliches Allerlei über Egau-Bachtal und Umgebung. — Bl. schwäb. Albver., **1916**, S. 1—7, Tübingen 1916.

MOOS, A.: Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm a. D. und Donauwörth. — Geogn. Jh., 1923/24, **37**, S. 167—252, 2 Taf., 1 Karte, München 1925.

SCHAEFER, I.: Die donaueiszeitlichen Ablagerungen an Lech und Wertach. — Geologica Bavarica, **19**, S. 13—64, 15 Abb., München 1953.

SCHAEFER, I.: Der Talknoten von Donau und Lech. Zur Frage des Laufwechsels der Donau vom „Wellheimer Trockental" ins „Neuburger Durchbruchstal". — Mitt. Geogr. Ges. München, **51**, S. 59—111, 11 Abb., München 1966.

SCHALK, K.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Bissingen. — Geologica Bavarica, **31**, 107 S., 80 Abb., 3 Taf., 1 geol. Karte, München 1957.

SCHAUERTE, E.: Die Geologie des Blattes Haidenburg und seiner Umgebung. Ein Beitrag zur Kenntnis des ostniederbayerischen Tertiärs. — Inaug.-Diss. Univ. München, 145 S., München 1962.

SCHETELIG, K.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet der Blätter Donauwörth und Genderkingen. — Geologica Bavarica, **47**, 98 S., 25 Abb., 1 geol. Karte, München 1962.

SCHIECK, H.: Zur Talgeschichte der Altmühlalb. — Inaug.-Diss. Univ. München, 132 S., 54 Abb., München 1966.

SCHLOSSER, M.: Über das geologische Alter der Wirbeltierfauna von Oggenhausen auf der Heidenheimer Alb und über die Faunen aus dem bayerischen Flinz. — Zbl. Mineral. etc., **1926**, B, S. 198—208, Stuttgart 1926.

SCHMEER, D.: Sedimentpetrographische Beobachtungen aus der Oberen Süßwassermolasse im Bereich von Freising bis Landshut. — Z. deutsch. geol. Ges., **105** (1953), S. 496—516, 1 Abb., Hannover 1955.

SCHNITZER, W.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an den postjurassischen Überdekkungsbildungen der mittleren, südlichen Frankenalb. — Geol. Bl. NO-Bayern **3**, S. 121 bis 134, 2 Abb., 1 Tab., Erlangen 1953.

SCHNITZER, W.: Die Landschaftsentwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet Denkendorf-Kösching nördlich Ingolstadt. — Geologica Bavarica, **28**, 47 S., 7 Abb., 1 geol. Karte, München 1956.

SCHREINER, A.: Graupensandrinne, Juranagelfluh und Deckentuff im Hegau. — Ber. Naturf. Ges. Freiburg i. Br., **51**, S. 245—260, 2 Abb., 1 Tab., Freiburg i. Br. 1961.

SCHREINER, A.: Die Juranagelfluh im Hegau. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, **7**, S. 303—354, 10 Abb., 2 Taf., 6 Tab., Freiburg i. Br. 1965.

SCHRÖDER, J. & DEHM, R.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Harburg. — Abh. naturw. Ver. Schwaben, **5**, 147 S., 3 Abb., 5 Taf., 1 geol. Karte, Augsburg 1950.

© Biodiversity Heritage Library, http://www.biodiversitylibrary.org/; www.zobodat.at

SIEGL, W.: Glastuff in der oberbayerischen Molasse und seine Beziehung zur Bleicherde. — N. Jb. Mineral. etc., Mh., Abt. A, S. 77—82, Stuttgart 1945/48.

STIEFEL, J.: Ein Beitrag zur Gliederung der Oberen Süßwassermolasse in Niederbayern. — Beih. Geol. Jb., 26, S. 201—259, 24 Abb., 2 Tab., Hannover 1957.

STROMER, E. & LEBLING, CL.: Fossilführendes Pliozän in Südbayern. — Cbl. Mineral. etc., 1929, Abt. B., Nr. 7, S. 307—314, 1 Abb., Stuttgart 1929.

THENIUS, E.: Die Säugetierreste aus dem Jungtertiär des Hausruck und Kobernaußerwaldes (O.-Österr.) und die Altersstellung der Fundschichten. — Jb. geol. Bundesanst., 95, S. 119—144, Wien 1952.

TILLMANN, H.: Jungtertiäre Sedimente am Rand des Grundgebirges Ostbayerns. — In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, S. 195—213, 5 Abb., München 1964.

TOBIEN, H.: Die Bedeutung der unterpliozänen Fossilfundstätte Höwenegg für die Geologie des Hegaus. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württemberg, 2, S. 193—208, Freiburg i. Br. 1957.

TREIBS, W.: Geologische Untersuchungen im Ries. Das Gebiet des Blattes Otting. — Geologica Bavarica, 3, 52 S., 6 Abb., 1 geol. Karte, München 1950.

TREIBS, W.: Beitrag zur Kenntnis der Geologie des Rieses und östlichen Vorrieses nach Beobachtungen im Rohrgraben der Rhein-Donau-Ölleitung. — Geologica Bavarica, 55, S. 310—316, 1 Abb., 1 Beil., München 1965.

WAGNER, G.: Zur Frage der Buchberggerölle und zur Geschichte der Eger. — Cbl. Mineral. etc., 1926, B, S. 340—349, Stuttgart 1926.

ZOBODAT - www.zobodat.at

Zoologisch-Botanische Datenbank/Zoological-Botanical Database

Digitale Literatur/Digital Literature

Zeitschrift/Journal: Mitteilungen der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und Histor. Geologie

Jahr/Year: 1971

Band/Volume: 11

Autor(en)/Author(s): Gall Horst

Artikel/Article: Obere Süßwassermolasse (Hangendserie) über Rieströmmermassen bei Graisbach (südöstliches Vorries) und ihre Bedeutung für die Landschaftsgeschichte der Schwäbisch-Fränkischen Alb 295-327