

Stratigraphie der nördlichen und teils mittleren Vorlandmolasse zwischen Hegau und Isar anhand von 11 Profilen

Von HANS KARL ZÖBELEIN^{*})

Mit 1 Abbildung, 2 Tabellen im Text und 1 Tabelle als Beilage

Kurzfassung

Dies ist ein kritischer Wegweiser durch eine umfangreiche Literatur. Von den Profilen der Tabelle 1 betreffen das 1.–8. und das 11. Profil die nördliche Vorlandmolasse, das 9. Profil die mittlere Vorlandmolasse und das 10. Profil deren nördlichen Teil. Gliederungsschemata vor dem 1. und im 10. Profil zeigen die ungefähre Einstufung der Schichten nach herkömmlicher Art und jener der Zentralen Paratethys. Zu den fortlaufenden Schichtnummern der Tabelle 1 finden sich im Text wenn nötig Erläuterungen. Dabei werden unter anderem im 3. Profil die Oehninger Schichten abgegrenzt. Die Bodmansande gehören laut SCHREINER's Mitteilung (siehe Nr. 33) zu den Sandschiefern. Im 6.–8. Profil weicht die Korrelierung der Schichten von der bisherigen ab. Der sogenannte „Albstein“ entstand im Wasser. Das Brackwasser kam von Osten, drang in die Graupensandrinne und danach in eine E-W-Depression ein, die sich vom Südtail der „Albsteinschwelle“ südwärts gebildet hatte. Aus der Graupensandrinne erfolgte kein Brackwasserübertritt nach außen. Ein weiterer Schwerpunkt der Erörterungen betrifft das Isargebiet (9.–11. Profil). Im Anschluß an das 9. Profil folgen Überlegungen zur Paläogeographie der Oberen Brackwassermolasse. Die Bentonitlager (10. Profil) sind nicht viel jünger als die während des Riesereignisses entstandenen vulkanischen Aschen. Die bisherigen Aufteilungen der Oberen Süßwassermolasse haben sich bewährt. Von DEHM's Serien entspricht die ältere (ohne den Anteil an „Süßwasserschichten“) dem „Liegenden“ (= Unteren) Nördlichen Vollschothter, die mittlere dem „Hangenden“ (= Oberen) Nördlichen Vollschothter (beide „Torton“ = etwa Karpat + Baden) und die jüngere wie bekannt der Hangend- etc. Serie (Sarmat + „Unter-Pont“ = Sarmat + Unter-Pannon). Neugliederungen der Oberen Süßwassermolasse mittels der Begriffe „Sarmat I“, „Sarmat II“ und „Lithozonen“ (11. Profil) sind ungeeignet. Zum Schluß werden die Begrenzungen und Einstufungen der „Süßwasserschichten“, der Süßbrackwassermolasse und des „Torton“ diskutiert.

Abstract

This is a critical review of the voluminous literature on the subject. From the 11 profiles of table 1, the 1st to 8th and the 11th are situated in the northern Vorlandmolasse, the 9th in the middle Vorlandmolasse, the 10th in the northern part of the latter. The stratigraphical columns belonging to the 1st and 10th profile are showing the approximate identification of the strata according to the traditional stratigraphy and that of the Central Paratethys. The current numbers of table 1 refer to the numbers given (if necessary) to the explanations in the text. Among other

^{*} Dr. H. K. ZÖBELEIN, Arnpeckstr. 10, 8000 München 90

items, in the 3d profile the Oehningen layers are defined. The Bodmansande are belonging to the Sandschiefer (information of SCHREINER, see nr. 33). In the 6th to 8th profile the correlation of the strata differs from that one used until now. The so-called "Albstein" was formed sub-aqueously. The brackish water came from the East, entered the Graupensandrinne and subsequently an East-West-depression which extended from the southern part of the "Albsteinschwelle" to the South. The Graupensandrinne had no outflow of brackish water into the depression. In connection with the 9th profile comments on the palaeogeography of the Upper Brackish Molasse are made. The bentonite deposits (10th profile) are not much younger than the volcanic ashes thrown out during the Ries catastrophe. The subdivisions of the Upper Freshwater Molasse used until now have proved to be correct and practicable. From DEHM's series the older one (without the part of the 'Süßwasserschichten') is correlated with the Unteren Nördlichen Vollschocter, the middle one with the Oberen Nördlichen Vollschocter (both "Tortonian" = Karpatian + Badenian) and the younger one with the Hangend- etc. Series (Sarmatian + "Lower Pontian" = Sarmatian + Lower Pannonian). Modern classifications of the Upper Freshwater Molasse by the units "Sarmat I", "Sarmat II" and "Lithozones" (11th profile) are unsuitable. Finally the borders and the stratigraphical identification of the "Süßwasserschichten", the Süßbrackwassermolasse and the "Tortonian" are discussed.

Inhalt

Die Seitenangaben hinter den laufenden Nummern (1–119 der Tabelle 1) verweisen auf zugehörige Ausführungen im Text. Deren Inhalt wird hier wegen des umfänglichen und variierenden Stoffes nur teilweise durch Schlagworte angedeutet.

Danksagung	211
Gliederungsschemata der süddeutschen Vorlandmolasse (Nr. 1–6)	211
Nr. 1: 211; Nr. 2: 211; Nr. 3: 212; Nr. 4: 212; Nr. 5: 212; Nr. 6: 212	
1. Profil (Nr. 7–15)	212
Nr. 7: 212; Nr. 8: 213; Nr. 9: 213; Nr. 10: 213; Nr. 11: 213; Nr. 12: 213; Nr. 13: 213; Nr. 14: 214; Nr. 15: 214	
2. Profil (Nr. 16–23)	214
Nr. 16: 214; Nr. 17: 214; Nr. 18: 215; Nr. 19: 215; Nr. 20: 215; Nr. 21: 215; Nr. 22: 215; Nr. 23: 215	
3. Profil (Nr. 24–35)	215
Nr. 24: 215; Nr. 25: 216; Nr. 26: 216; Nr. 27: 216; Nr. 28: 216; Nr. 29 (Oehninger Schichten): 217; Nr. 30: 218; Nr. 31: 218; Nr. 32: 218; Nr. 33: 218; Nr. 34: 218; Nr. 35: 219	
4. Profil (Nr. 36–42)	219
Nr. 36: 219; Nr. 37: 219; Nr. 38: 219; Nr. 39 („Übergangsschichten“ NÄGELE's): 219; Nr. 40: 220; Nr. 41 (Baltringer Schichten bzw. Horizont): 220; Nr. 42: 220	
5. Profil (Nr. 43–48)	220
Nr. 43: 220 ; Nr. 44: 220; Nr. 45 (Fazies der Flammenmergel): 220; Nr. 46: 221; Nr. 47, 48: 221	
6.–8. Profil (Nr. 49–67)	221
Nr. 49 (geologische Situation i. allg.): 221; Nr. 50 (Obere Süßwassermolasse): 222; Nr. 51 (Torton/Sarmat-Grenze): 223; Nr. 52 (A-Grenze): 223; Nr. 53 (vulkanische Tuffe etc.): 225; Nr. 54 (B-Grenze): 225; Nr. 55–60 (Gliederung und Fazies der Süßbrackwassermolasse): 226f.; (Fossilien etc., Tab. 2: 227); Nr. 61 („Albstein“): 229; (Korrelierung der Süßbrackwassermolasse: 231; Diskussion: 232); (Paläogeographie: 232; Diskussion: 233); Nr. 61a: 235; Nr. 62 (Obere Meeresmolasse): 235; Nr. 63: 235; Nr. 64: 236; Nr. 65: 236; Nr. 66: 236; Nr. 67 (Chatt, Bausteinschichten): 236	
9. Profil (Nr. 68–80)	236
Nr. 68: 236; Nr. 69: 236; Nr. 70: 237; Nr. 71–74 (Süßbrackwassermolasse): 237; Nr. 75 („Albsteinandeutungen“): 237; (Diskussion zu Nr. 71, 72, 75: 237); Nr. 76: 237; Nr. 77 (Onchophora-Schichten): 238; Nr. 78 (Diskussion zur Paläogeographie der Oberen Brackwassermolasse): 238; Nr. 78a: 239; Nr. 79: 239; Nr. 80: 239	

10. Profil (Nrn. 81–103)	239
Nr. 81: 239; Nr. 82 (Riesereignis): 240; Nr. 83: 240; Nr. 84: 240; Nr. 85: 240; Nr. 86 („Übergangsschichten“ und Diskussion): 240; Nr. 87: 241; Nr. 88 (Bentonite, a Allgemeines): 241; (b Bentonite bei Landshut: 241); (c stratigraphische Lage der Bentonite: 242); (d Höhenlagen der Bentonite: 242); (e mehrfache Bentonitbildung?: 242); (f UNGER's Bentonitbeurteilung: 243); (g Diskussion zu f: 244); Nr. 89 (Sandmergeldecke und „Zwischenfolge“): 245; Nr. 90 (Nördlicher Vollschothor): 246; Nr. 91 (Zwischenmergel): 246; Nr. 92: 246; Nr. 93: 246; Nr. 94 (Äquivalent des Süßwasserkalks): 247; Nr. 95: 247; Nr. 96: 247; Nr. 97: 247; Nr. 98: 247; Nr. 99: 247; Nr. 100: 247; Nr. 101: 247; Nr. 102: 248; Nr. 103 (a–i altersweisende Fossilien und Einstufungen im Isarbereich: 248; j Grenzen und Alter der DEHM'schen Serien: 249)	
11. Profil (Nrn. 104–119)	250
Nr. 104: 250; Nr. 105: 250; Nr. 106 („Moldanubische Serie“ und Alter): 250; Nr. 107: 251; Nr. 108: 251; Nr. 109 (Süßwasserkalk): 251; Nrn. 110, 111 (UNGER's „Sarmat I“ und „II“): 252; (UNGER's Schwermineralanalysen: 252); (UNGER's „Lithozonen“: 253); (Diskussion zu UNGER's „Sarmat I“ und „II“, a Begriffe: 254); (b zu Definitionen und Einstufungen: 255); (c zum Alter der Schichten bei Landau und Aubenham: 256); (d zu UNGER's „Lithozonen“: 257); (e zu den Schwermineralanalysen: 258); (f zu den Schüttungsrichtungen: 258); (g Zusammenfassung der Diskussionen a–f: 259); Nr. 112: 259; Nr. 113 („Süßwasserschichten“ in Ostniederbayern): 259; Nr. 114 (Fluviatile Süßwasserschichten): 260; Nr. 115: 260; Nr. 116 (Limnische Süßwasserschichten, Fossilien, Fazies, Alter): 260; Nr. 117 (Untergrenze des Torton): 263; Nr. 118 (Süßbrackwassermolasse): 264; Nr. 119 (Untergrenze der Oberen Süßwassermolasse): 264.	
Zusammenfassung	264
Schriftenverzeichnis	266

Danksagung

Für Auskünfte und Hinweise spreche ich folgenden Herren meinen herzlichen Dank aus, die, soweit nichts anderes gesagt, am Universitätsinstitut und an der Bayerischen Staatssammlung für Paläontologie und historische Geologie in München tätig sind: Prof. Dr. V. FAHLBUSCH; Prof. Dr. W.-D. GRIMM, München; Prof. Dr. W. HEISSIG; Dr. F. HOFMANN, Neuhausen am Rheinfl, Schweiz; Prof. Dr. K. LEMCKE, München; Dr. H. MAYR; Dr. D. MÜLLER; Dr. F. PFEIL, München; Prof. Dr. A. SCHREINER, Freiburg i. Br., und Prof. Dr. F. STEININGER, Wien. Herzlich danke ich auch den Herren G. FUCHS für die Auslese von Ostracoden, Dr. H. MALZ, Frankfurt a. M., für deren Bestimmung, Prof. Dr. L. HAPPEL für die Durchsicht des Abstract und K. DOSSOW für die Zeichenarbeiten.

Gliederungsschemata der süddeutschen Vorlandmolasse (Nrn. 1–6)

1. Die Gliederungen der süddeutschen Vorlandmolasse nach herkömmlicher Art (Spalten a und b) und die Korrelierung mit den Stufen der Zentralen Paratethys (Spalte c) weisen Unsicherheiten auf (s. ZÜBELEIN 1983: 174 f., 175 Tab. 2). Sie gelten daher nur ungefähr.

2. Das Pliozän der mediterranen Tethys umfaßt nach der absoluten Datierung nur noch die obersten ca. 5,4 Millionen Jahre (FAHLBUSCH 1981: 123). Das bisherige „Unter-Plioän“, „Unter-Pont“ (= Unter-Pannon) ist innerhalb des südbayerischen Molassebeckens bisher nur von zwei Stellen bekannt geworden (s. 10. Profil Nr. 103 j). Gleiches Alter schreibt TOBIEN den Höweneggsschichten mit einer *Hipparion*-Fauna zu (s. 2. Profil Nr. 17), einer Wechsellagerung von Hornblendetuffen und Kalklagen wohl innerhalb eines Maar-sees (s. SCHREINER 1970: 111; 1976: 28, mit Lit.-Angaben). Vulkanische Bildungen sind eigentlich keine Molassesedimente.

Da sie aber damit verbunden sind, werden sie in die Betrachtung einbezogen. Nicht im Bereich der Vorlandmolasse liegt das „Pliozän“ von Frohnstetten; es gehört einer Juranagelfluhschüttung auf der Alb an (KIDERLEN 1931: 348; TOBIEN 1957: 203). Außer Betracht bleiben auch die „altpliozänen“ Donauschotter (vgl. KIDERLEN: 249f., 358; SCHREINER 1970: 84; 1976: 21). Somit sind die höchsten, in unseren Profilen erfaßten eigentlichen Molasseschichten Sarmat.

3. Vom herkömmlichen „Torton“ (nicht zu verwechseln mit dem profilhöheren Torton der mediterranen Stufengliederung) gehört der tiefere Teil, das Karpat der Paratethys der Säugereinheit MN 5, der höhere Teil, das Baden MN 6 an. Eine genaue Abgrenzung zwischen beiden liegt noch nicht vor. Deshalb wurden beide Stufen in Tab. 1 zusammengefaßt. Die Zeitdauer des „Torton“ beträgt ca. 4,2 Millionen Jahre, wovon auf das Karpat ca. 1 Million (rund $\frac{1}{4}$), auf das Baden ca. 3,2 Millionen entfallen (s. ZÖBELEIN 1983: 175 Tab. 2 Spalte f).

4. Die Gliederung der Oberen Meeresmolasse (OMM) Südwestdeutschlands hat HAGN (1961: 317, 311) mittels Häufigkeitsformen aus der OMM Niederbayerns hergeleitet. Diese Gliederung verwenden SCHREINER (1966c: 99 Abb. 4, 10; 1970: 35 Tab. 1, 63f.; 1976: 11 Abb. 4) und WERNER (1975b: 24 Abb. 2). Stratigraphische Vergleiche zwischen der schweizerischen und südwestdeutschen OMM ziehen F. Hofmann (1967a: 194; 1976: 5 Abb. 3) und SCHREINER (1970: 35 Tab. 1). Laut BÜCHI & SCHLANKE (1977: 66) ergeben Mollusken und Säuger im unmittelbar Liegenden des Helvetian von S. Gallen burdigales Alter. Nach diesen Autoren (:65) besteht dort „Die obere Abteilung der OMM, das Helvetian... aus drei Sedimentationszyklen“. Der Baltringer Horizont (s. 4.–8. Profil) entspricht der Basis des 2. Zyklus. Danach kann man als 1. Zyklus des Helvet die Sandschiefer s. l. und die Heidenlöcherschichten ansprechen (3. Profil Nrn. 34 und 35).

5. Burdigal liegt nach LEMCKE (1973: Beil. 2 Fig. 3; 1977: 479; 1984: 380–381) in unseren Bohrungen nicht vor. Doch konnte es im Profil der Konstanzer Thermalwasserbohrung „noch eindeutig mit der OMM von S. Gallen korreliert werden“ (BÜCHI & SCHLANKE 1977: 66). Herr Dr. F. Pfeil hat (freundl. mündl. Mitt.) im Bodenseegebiet nur Haifischzähne des Helvet gefunden. Laut GALL (1975: 202 Abb. 4) fehlt das Burdigal auch im nördlichen Molassebecken am Südrand der Alb. Deshalb zeichne ich für das Burdigal eine Schichtlücke ein.

6. Rupel, Lattorf und Obereozän stehen im Bereich unserer Tabelle nicht an. Vermutlich rupelisch-lattorffische, praemolassische Kaolinitmergel und Sande bei Schaffhausen (F. Hofmann 1960c) und in geringer, kartenmäßig nicht dargestellter Verbreitung auf Bl. Konstanz (s. SCHREINER 1970: 34–35 Tab. 1) kommen nicht in Betracht. Über Obereozän bis Rupel in der übrigen Vorlandmolasse siehe LEMCKE (1975: 101–102 Abb. 14–15; 1984) und ZÖBELEIN (1983: 174, 175 Tab. 2 mit nachgetragenen Obereozän in 1985: Kap. B 6b, Fußn. 2; 9. Profil Nrn. 79, 80).

1. Profil (Nrn. 7–15)

Von den vorliegenden geologischen Karten 1:25 000 umfassen nur die Blätter 8112 Engen und 7920 Leibertingen sowohl größere Teile der Graupensandrinne wie auch des Gebietes NW davon („Zone IV“, HAUS 1951: 49 Abb. 8; „nordwestliche Albsteinfläche“, SCHREINER 1970: 65). Das 1. Profil zeigt die Schichtfolge des NW-Teils von Blatt Engen.

7. Über die Jüngere Juranagelfluh, die Juranagelfluh-Sande und Juranagelfluh-Mergel siehe SCHREINER (1966a; 1966b: 52f.; weitere Lit. s. 2. Profil Nr. 16), über vulkanische Bildungen SCHREINER (1966b: 69f.) und Nr. 17.

8. Schichtlücke: „Auf dem Albstein liegt ... überall mit schärfster Grenze die Obere Süßwassermolasse. Der stratigraphische Hiatus ist eindeutig“ (HAUS 1951: 62). Zeitlich entspricht diese Schichtlücke der Bildung der Graupensandrinne und ihrer Füllung bis einschließlich der tieftontonen Jüngerer Juranagelfluh-Sedimente im SW und ihren sandig-mergeligen Äquivalenten im NE (s. ZÖBELEIN 1983: 160–161). Diesen jünger-helvetischen, bis in die OSM dauernden Hiatus (HAUS 1951: 62) nenne ich junghelvetisch-alttortonen Hiatus.

9–12. „Durch lückenhafte Sedimentation und infolge von Erosionsvorgängen ... ist die Schichtenfolge ... nur an wenigen Stellen vollständig entwickelt (z. B. in den Steinbrüchen nördlich Wiechs a. R. und östlich Tengen)“ (SCHREINER 1970: 56). Gegen die Klifflinie zu fallen immer mehr Schichten ganz oder fast ganz aus. Profile siehe SCHREINER (1966c: 101 Abb. 5; 1970: 48 Abb. 9; 1976: 14 Abb. 5) und F. HOFMANN (1967: 191 Abb. 3 wie 1976: 6 Abb. 4).

9. Über den anstehenden Albstein siehe ZÖBELEIN (1985: Kap. C), über den „Albstein“ in Bohrungen dort Kap. D 11 und bei den vorliegenden Profilen 6–8, Nr. 61. – In die nordwestliche Albsteinfläche des Hegaus haben sich 4 Zufuhrinnen der Jüngerer und eine der Älteren Juranagelfluh eingeschnitten, die in die Graupensandrinne münden (SCHREINER, u. a. 1966b: 57 Abb. 4; 1970: 77).

10. Auch die Helicidenschichten werden eigens behandelt. Ich betrachte sie (1985: Kap. B6) zusammen mit den „Übergangsschichten“ NÄGELE's (4. Profil Nr. 39) als Basis der Süßbrackwassermolasse.

11. KIDERLEN hat (1931: 241) „die neutrale Bezeichnung ‚Deckschichten‘“ eingeführt. LEMCKE & a. (1923: 24; s. 6.–8. Profil Nr. 63) ersetzen „die etwas nichtssagende Bezeichnung ‚Deckschichten‘“ durch „Feinsandserie“. Dieser neue Begriff erscheint mir noch allgemeiner gefaßt und daher noch weniger bezeichnend zu sein als der alte. Außerdem kompliziert seine Einführung den stratigraphischen Überblick. Zwecks Präzisierung der immer noch gebräuchlichen alten Bezeichnung spreche ich daher von OMM-Deckschichten, wozu verallgemeinert auch die „Feinsandserie“ LEMCKE's & a. gehören würde. Laut KIDERLEN (1931: 261) darf der Faziescharakter der Deckschichten kaum mehr marin genannt werden. Er konstatiert (: 262) wie SCHREINER (1970: 63) einen vollständigen Mangel an tierischen Fossilien. HAUS (1951: 53) und ERB & KIDERLEN (1955: 36) berichten von einer Glaukonitabnahme bzw. -freiheit in den „obersten Lagen der Deckschichten“. Nach SCHREINER (1970: 58) ist in der nordwestlichen Randfazies nur ganz wenig Glaukonit enthalten. Über die Faziesaussage der Foraminiferen der OMM, auch ältere Befunde, siehe HAGN 1961. Die „Feinsandserie“ LEMCKE's & a. (1953: 24) war in allen Bohrungen „auffallend reich an Glaukonit und enthielt eine, wenn auch verarmte, marine Mikrofauna“. Die „OMM-Deckschichten“ sind also insgesamt gesehen richtig benannt.

12. Das Alpine Konglomerat, das u. a. KIDERLEN (1931: 246–247) als „Alpiner Geröllhorizont mit Austern“ bezeichnet, ist ein Äquivalent der Baltringer Schichten bzw. des basalen Teils der „Bodmansande“ (HAUS 1951: 51, s. Nr. 33; SCHREINER 1970: 58, 48 Abb. 9; 1966c: 99f. Abb. 4). F. HOFMANN nennt das Alpine Konglomerat „Austernagelfluh“ (1967: 191 Abb. 3 Nr. 7 wie 1976: 6 Abb. 4). Dieser Name ist offenbar der ältere (vgl. LEUZE 1922: 278, 281). Da aber KIDERLEN vor Verwechslungen mit ähnlichen, Austern führenden Gerölllagen warnt und auch F. HOFMANN (1967: 200) auf „Austernagelfluhen ... in sehr verschiedenen Niveaux der OMM“ hinweist, gebe ich dem Namen „Alpines Konglomerat“ den Vorzug.

13. Über den Randengrobkalk berichten in neuerer Zeit SCHREINER (1961: 245 f.; 1966b: 33 f.; 1966c: 91, 98 f.; 1970: 56 f.) und F. HOFMANN (1967: 190 f.). Literaturhinweise auf die Einschwemmung von Heliciden sowie von Jüngerer und/oder Älterer Juranagelfluh in den Randengrobkalk finden sich bei ZÖBELEIN (1985: Kap. B 1 bzw. B 5b Fußnote 2).

14. Die Ältere (Untere) Juranagelfluh (USM) und die Limnische Randfazies der USM behandelt insbesondere SCHREINER (1965: 313 f.; 1966b: 30 f.; 1970: 43 f.; 1983: 14 f.). Er stuft sie in das Chatt/Aquitän (Eger) ein.

15. Die roten bis weißen, oben pisolithischen Älteren Krusten- und Knollenkalke liegen auf Bohnerzlehm über Malm und sind im Handstück teils nicht vom Albstein zu unterscheiden (SCHREINER 1966b: 28–30; 1970: 40; 1983: 13). F. HOFMANN (1960c: 31) betrachtet sie als praemolassische Formation des Sannoisien (Lattorf) – Rupelien, SCHREINER sie zuletzt (1983: 14 Abb. 3) als Eozän.

2. Profil (Nrn. 16–23)

Das 2. Profil fußt auf Blatt 8218 Gottmadingen (SCHREINER 1983; früher Hilzingen, ERB 1931), das meist in der Eigentlichen Graupensandrinne liegt.

16. Über die Jüngere Juranagelfluh und ihre sandigen und mergeligen Anteile siehe ERB (1931a; 1931b: 24–34) und SCHREINER (1983b: 22 f.), ferner KIDERLEN (: 305–306), SCHREINER (1965: 325 f.; 1966a; 1966b: 40 Abb. 3, 52 f., 112; 1970: 72 Abb. 11, 76 f.; 1976: 18–19) und WERNER (1975a; 1975b: 60 f.). Diese Sedimente breiten sich im NW-Teil der Graupensandrinne vom Aitrachtal bis ungefähr zur Linie Thayngen–Singen (auf Blatt Hilzingen–Gottmadingen) aus (SCHREINER 1970: 71). „Von den Kirchberger Schichten geht die Sedimentation ohne erkennbare Lücke in die Mergel der Jüngeren Juranagelfluh über“ (SCHREINER 1966b: 62). Laut KIDERLEN (: 305) liegt bei Riedern Jüngere Juranagelfluh in der Graupensandrinne örtlich auf Weißjura, wobei ihren tieferen Lagen Grimmelfinger Schichten eingelagert sind, „eine Mischung von Juranagelfluh und Graupensand“ vorliegt und darüber 1,5 m Grimmelfinger Schichten folgen. Auch SCHREINER spricht (1970: 79–80) von Juranagelfluh-artigen Sedimenten, die schon bei der Erosion der Graupensandrinne angefallen sind, daraus aber bis auf geringe Reste durch Strömungen und Umlagerungen wieder entfernt wurden. Die in der Graupensandrinne liegenden Juranagelfluh-Sedimente sind junghelvetisch-alttortonisch (s. 1. Profil Nr. 8), die darüber folgenden tortonisch. Für die oberen Lagen auf Bl. Engen hatte SCHREINER ein Sarmat-Alter angenommen (1961: 248; 1966b: 62–63), doch stuft er nun (1983: 14 Abb. 3) die Jüngere Juranagelfluh insgesamt in das Torton (Karpát + Baden) ein. Deren tiefere Teile sind indes noch Ober-Helvet (s. SCHREINER 1966b: 112; 1970: 79; oben und Nr. 19).

17. Die vulkanischen Bildungen, deren Hauptmasse auf Blatt Hilzingen–Gottmadingen liegt, behandeln ERB (1931b: 35 f.) und SCHREINER (1983b: 25, 26 f.), jene des Hegaus i. allg. SCHREINER (1961: 254 f.; 1966b: 69 f.; 1970: 86 f.; 1976: Abb. 1, 21 f.) und unter Verwertung der weit gestreuten Literatur MAÜSSNEST & SCHREINER (1982). „Deckentuffartige Ausbrüche begannen wahrscheinlich schon im Torton“ (SCHREINER 1970: 89, 35 Tab. 1). Ober-tortoner Vulkanismus wird durch den Tuff der Schienerberg-Eruption erwiesen, der an der Basis der Oehninger Schichten des hohen Torton über der Graupensandrinne liegt (s. ZÖBELEIN 1983: 151, 166 f., 182; 3. Profil Nr. 29). Die Hauptverbreitung der Deckentuffe fällt nach SCHREINER's früherer Ansicht in den Anfang des Sarmats (1970: 89, 87). F. HOFMANN (1976: 11) stellt die Haupteruptionen in die Zeit der Konglomeratstufe (s. 3. Profil Nr. 27). Nach SCHREINER (1983: 14 Abb. 3) sind sie oberstes Torton. Dorthin gehören sie auch zufolge ihres Alters von 13,9–14,0 Mio. Jahren (s. SCHREINER 1983: 29; ZÖBELEIN 1983: 175 Tab. 2 Spalte f). „Basalt u. Basaltuff“ sowie „Phonolithe“ stuft SCHREINER (1983: 14 Tab. 3) in das Pannon ein. Deren absolute Daten variieren (1983: 29 Tab. 6), doch spricht der Fund von *Hipparion* in der Maarsee-Füllung von Höwenegg (s. SCHREINER 1970: 80, 236; 1976: 21, 42) für Unter-Pannon (s. S. 250 u. 257). Über vulkanische Tuffe in den Helicidenschichten siehe ZÖBELEIN (1985: Kap.

B 6b). SEEMANN nimmt (1929: 94, 96, 98) Verschwemmung der von ihm erwähnten Tuffite an. Es besteht keine einfache Beziehung der südwestdeutschen und schweizerischen vulkanischen Förderprodukte zu den Bentonitgläsern Südbayerns (STORZER & GENTNER 1970: 106). Doch sind letztere so alt wie der Basisbentonit Bischofszell (s. ZÖBELEIN 1983: 167).

18. Die Steinbalmensande (Namenserklärung bei SCHREINER 1970: 73) unterlagern die vulkanischen Bildungen (SEEMANN: 91, 98; ERB 1931a; 1931b: 33, 46). ERB (: 46) zufolge liegt „höchstens eine ganz geringe Diskordanz zwischen Molasse und Deckentuff vor“. Doch fehlen die Steinbalmensande am Hohenkrähen (: 46) und (: 32) i. allg. westlich der „Hegauer Nord-Süd-Störung“, die anzunehmen allerdings laut F. HOFMANN (1956b: 27), der auch HAUS zitiert, überflüssig ist.

19. Die „Haldenhofmergel“ auf Blatt Hilzingen-Gottmadingen (ERB 1931: 28f.) sind nach F. HOFMANN (1956a: 94–95; 1956b: 27–28) und SCHREINER (1965: 327) Juranagelfluhmergel. Davon sind in der Eigentlichen Graupensandrinne am Buchberg bei Thayngen nur die unteren Teile erhalten (ERB 1931b: 30). Sie führen hier die helvetische Landschnecke *Cepaea renevieri* und die evtl. helvetische *C. eversa larteti* (ERB 1931b: 31; s. JOOSS 1923: 198–203). Eine Kalkbank hat am Hohenstoffeln neben primär limnischen Mollusken die nur brackischen (bis marinen) Hydrobien geliefert (s. ERB 1931b: 29). Damit verlaufen die Grenzen SBM/OSM und Helvet/Torton durch die Juranagelfluh-Mergel, wie sie an der Iller durch die Bithynien-Schichten (s. 5. Profil Nr. 46) und bei Günzburg durch die Unteren Mergel- und Sandschichten verlaufen (ZÖBELEIN 1963: 161⁶, 160). Man kann also auch im weiteren Bodenseegebiet von Süßbrackwassermolasse sprechen¹). (Fußnote ist entfallen.)

20–22. Über die Kirchberger Schichten, Grimmelfinger Schichten und die Süßbrackwassermolasse wird eigens berichtet werden.

20. Die Kirchberger Schichten liegen auf einem Relief. Sie können örtlich durch spätere Abtragung oder Umlagerung in ihrer Mächtigkeit vermindert oder ganz abgetragen sein.

21. Der Hiatus über den Grimmelfinger Schichten schwillt besonders gegen den SW-Teil der Graupensandrinne an und kann bis zum Fehlen der Grimmelfinger Schichten führen.

23. Die Rinnenfüllung liegt teils auf USM, teils auf Weißjura (s. z. B. SCHREINER 1970: 48 Abb. 9).

3. Profil (Nrn. 24–25)

24. Dem 3. Profil liegt der Anteil an der Erweiterten Graupensandrinne vor allem der Blätter 8219 Singen (SCHREINER 1973a, b) und 8120 Stockach (ERB & a. 1961; 1962) zugrunde. Über der Erweiterten Graupensandrinne liegt Oehningen (ZÖBELEIN 1983: 166). Das 3. Profil stützt sich auf die Darlegungen SCHREINER's (1970: 35 Tab. 1, 71f., Abb. 21, 203; 1976: 11 Abb. 4). Seine Gliederung am Nordrand des Schiener Berges (1970: 203) „stellt eine Angleichung neuer Geländebefunde an die früheren Gliederungen von SEEMANN (1929, S. 118), RUTTE (1956a, S. 172) und HOFMANN (1965a, S. 82) dar“. Die Geologie des Hegaus und des westlichen Bodenseegebietes faßt SCHREINER (1976) zusammen (dazu Referat LEMCKE's 1977). Nach Versuchen von SCHMIDLE und SEEMANN (: 87f.) hat F. HOFMANN (1951: 46–58) die st. gallisch-thurgauische Obere Süßwassermolasse (OSM) eingehend mit jener des Schiener Berges und Hegaus korreliert und die stratigraphischen Bezüge nachfolgend besonders mittels vulkanischer Tuffhorizonte gefestigt (so 1955a; 1956a; 1956b; 1960a; 1960b; 1965; 1967a; 1976: 10 Abb. 8, 11). BUCHI (1959) hat einen stratigraphischen Vergleich der OSM der Ostschweiz und Süddeutsch-

lands erstellt. BUCHI's & SCHLANKE's (1977) paläogeographischer Überblick berührt auch das westliche Bodenseegebiet.

25. Unter „Glimmersand-Schüttung“ beschreibt SCHREINER (1970: 72f.) das Hangende der Kirchberger Schichten. Zu seinem „Glimmersd.“ (1976: 11 Abb. 4) gehören anscheinend auch die Haldenhofmergel (s. Nr. 31), jedenfalls deren Hangendes. Glimmersandlagen und Feinsandbänke in den Haldenhofmergeln (SCHREINER 1970: 73; 1973b: 13) lassen die letzteren als feinkörnige Fazies der Glimmersandschüttung erscheinen. RUTTE bemerkt (1956b: 104), daß die petrographischen Unterschiede zwischen den Steinbalmensanden und ihrem Hangenden „recht gering“ sind. Ein beckenaxiales E-W-Stromsystem, die Glimmersandschüttung, „blieb während der ganzen Zeit der Oberen Süßwassermolasse aktiv“ (F. HOFMANN 1976: 9). Die Glimmersandschüttung liegt zwischen der alpinen Hörnlschüttung im S und der Juranagelfluhschüttung im N (F. HOFMANN 1960b: 1–2; 1967: 203; 1976: 9). Am Südfall des Thurgauer Seerückens verzahnen sich die auskeilenden Glimmersand-Stromrinnen mit dem Delta der Hörnli-Schüttung (F. HOFMANN 1967: 203). F. HOFMANN zeichnet (1956b: 24) auf seinem Querprofil durch den Hegau NW Junkernbühl (1 km E Rielasingen, Bl. Singen) eine Verzahnung der „Glimmersande (Steinbalmensande der Ost-West-Schüttung)“ und der „Hegaumergel (Haldenhofmergel)“. Laut SCHREINER (1973b: 16–17) unterscheiden sich die Mergel der Juranagelfluh-Schüttung durch ihre gelbbraune Farbe und ihren hohen Karbonat-, aber geringen Dolomitgehalt von den grauen Haldenhofmergeln. „Die Verzahnung der Glimmersande mit den gelbbraunen Mergeln der OSM-Juranagelfluhschüttung ist am Hohentwiel zu ermitteln.“ „Einzelne Lagen des Juranagelfluhmergels waren in Bohrungen nördlich Rielasingen zu sehen“ (SCHREINER 1970: 76; 1973a; 1973b: 16–17). Da die Mergel wie die Sande und Gerölle der Glimmersandschüttung auch bei gleichem Alter von denen der Juranagelfluhschüttung abweichen, ist die namentliche Unterscheidung angebracht.

26. Die Oberen Sande am Schiener Berg hält SEEMANN (: 69, s. 67–68, Tab. zu 118) für „die nur unvollständig erhaltenen „Heiligenbergsande““ der Überlinger Gegend. ERB meint (1931b: 46, 54), daß erst auf dem Schiener Berg das Hangende seiner „Vulkanischen Bildungen“ erhalten ist. Nach F. HOFMANN (1955a: 105) scheinen Glimmersande am Schiener Berg über der „Konglomeratstufe“ (s. Nr. 27. als „Obere Sande““ noch reduziert anzustehen. Nach RUTTE (1956a: 224f.; 1956b: 99, 104f.) sind die „Oberen Sande und Mergel“ am Schiener Berg „ein vorwiegend aus Sanden aufgebauter Komplex, in dem auch Mergel, Kiese und vulkanische Produkte vorzukommen pflegen“ (1956b: 104). SCHREINER charakterisiert die Oberen Sande als Glimmersande, über denen höhere OSM-Schichten abgetragen sind (1970: 203; 1976: 20). – Ich stelle die Oberen Sande und den oberen Teil der Grobsandstufe (Nr. 26) den höheren vulkanischen Bildungen des 2. Profils (Nr. 16) gleich, weil beide als Sarmat eingestuft werden.

27. SCHREINER führt (1970: 74) den Begriff Grobsandstufe anstelle der stratigraphisch entsprechenden „Konglomeratstufe“ der NE-Schweiz ein, „da sich am Schiener Berg Konglomerate der Hörnlschüttung [aus S] mit den Grobsanden der [von E kommenden] Glimmersandschüttung vermischen“. Bald nach Beginn der Grobsandstufe erfolgt die Hauptförderung von sarmatischen Deckentuffen (Lit. s. Nr. 17).

28. Über die Ermittlung der sedimentpetrographischen A-Grenze durch F. HOFMANN und SCHREINER und über die Bezüge auf Südbayern habe ich (1983: 166–167) berichtet. F. HOFMANN (1965: 87) zufolge markiert das Basisbentonitniveau im Hegau und jenes von Bischofszell/Schweiz „praktisch auch die Wende Torton – Sarmat und die sedimentpetrographische A-Grenze“. Die gleiche Stellung nehmen die südbayerischen Bentonite ein, die auch etwa altersgleich sind (s. 2. Profil Nr. 17, 10. Profil Nr. 88). Ich betrachte sie dort nach absoluten Daten als hohes, stratigraphisch als höchstes Torton (s. Nrn. 53, 82, 103 j).

29. die Oehninger Schichten und ihre Einstufung habe ich (1983: 165 f.) behandelt. Ihre Abgrenzung wird nachfolgend erörtert. In Ergänzung der Literatur verweise ich auf die Publikationen von TOBIEN (1971) und jene von BOHNDEL (1916), der (: 21) als Höhen des unteren und oberen Bruchs 530 bzw. 570 m ü. NN. angibt. – Laut BAUMBERGER (1934: 65) wurde „Die Gesamtheit dieser obermiocaenen Süßwasserbildungen ... in der Schweiz als Oeningien (HEER 1855) zusammengefaßt“. SEEMANN (1929: Abb. 2), F. HOFMANN (1951: 51 Abb. 2) und RUTTE (1956a: 178 f.; 1956b: 99, 101 f.) scheiden Untere und Obere Öhninger Mergel bzw. Schichten aus, die durch „Sandige Zwischenschichten“ bzw. die „Konglomeratstufe“ (unsere Nr. 27) getrennt sind. In SCHREINER's revidierter Gliederung am Nordrand des Schiener Berges (1970: 203–204) wird „Anstelle der von SEEMANN und RUTTE vorgenommenen Dreiteilung der Öhninger Schichten ... die Grobsandstufe ... eingeführt“. „Die ... Öhninger Schichten fallen am Schiener Berg mit der Grobsandstufe zusammen“ (1970: 74). Als Tiefstes dieser ebenfalls noch erweiterten „Öhninger Schichten“ nennt SCHREINER am nördlichen Schiener Berg, in der Bohlinger Schlucht an der Schrotzburg 5–10 m „Öhninger Mergel“ (s. HANTKE 1954; NÜTZOLD 1957). Er hält sie (: 204) für etwas jünger als die Kalke der Oehninger Steinbrüche. Desgleichen faßt SCHREINER (1973a; 1973b: 4, 12, 18 Abb. 1) auf Blatt Singen „Öhninger Mergel 5–10 m“ mit der überlagernden, 20–40 m mächtigen Grobsandstufe zu „Öhninger Sch.“ zusammen und stellt sie in das Sarmat. Auch 1976 (: 11 Abb. 4, 20) liegen seine „Öhninger Schichten“ zwischen den Oberen Sanden und den Steinbalmensanden, wobei die Grobsandstufe den „höheren Teil der Öhninger Schichten bildet“.

F. HOFMANN scheidet (1955a: 108) 30–40 m mächtige „Oehningermergel“ aus. Er hatte (s. 1960a: 463, 473; 1965: 82) in Übereinkunft mit BUCHI eine „Oehningerzone (eigentliche Oehninger Schichten)“ festgelegt, deren Berechtigung er (: 473) unterstreicht. Im Bereich der Oehninger Fundstätten (1960a: 463 Abb. 2) ist diese „Oehninger-Zone“ maßstäblich etwa 55 m mächtig und umfaßt profilaufwärts ca. 17 m „pyroxenführende Tuffe der Schienerberg-Eruptionen“ (Tuffniveau E) und 3 m Mergel; darüber etwa 20 m „Oehningerschichten s. str.“ mit den „Oehninger Süßwasserkalken“ und Lagen von Mergeln und „pyroxenfreien Tuffen der Schienerberg-Eruptionen“ (Tuffniveau D). Hangendes sind ca. 4 m Mergel, 10 m „pyroxenfreie Tuffe der Schienerberg-Eruptionen“ (Tuffniveau C) und bis ca. 1 m Mergel. Die Tuffe des Niveaus C sind im Profil als Verbreiterung des Tuffschlotts vom Ziegelhof-Tobel N Wangen gezeichnet, der die Oehningerzone bis zur Sohle der obersten (1 m-)Mergellage durchbrochen hat. F. HOFMANN fand das Tuffniveau C auch anderwärts am Schiener Berg und auf dem Thurgauer Seerücken (1959; 1960a; 1965: 82–85, 1967a: 204). „Die Tuffe der Oehningerschichten s. str. (Tuffniveau D) konnten nur im eigentlichen Fundstättengebiet gefunden werden und sind an sich sehr schwach entwickelt“ (1960a: 473). Sie gehören dem Vulkanausbruch bei Obersalen, dem ältesten im weiteren Hegau, an (1967a: 204). „Die berühmten Öhninger Süßwasserkalke entstanden als rein lokale Bildung in einem Maarsee, zeitlich zwischen den beiden obengenannten Eruptionen.“ Auch das Tuffniveau E hat nur lokale Verbreitung (1960a: 462, 473). 1976 (: 10 Abb. 8) zeichnet F. HOFMANN eine maßstabsgemäß etwa 40 m mächtige „Oehningerstufe“ am Untersee, die er auch im Profil durch den Hegau abgrenzt.

Bei der Begriffsbestimmung der Oehninger Schichten folge ich im wesentlichen F. HOFMANN. Die 7–8, evtl. rund 10 m mächtigen, vorwiegend kalkigen Schichten im unteren und oberen Steinbruch von Oehningen, die laut STAUBER und F. HOFMANN stratigraphisch identisch sind (s. ZÖBELEIN 1983: 166), nenne ich Oehninger Typusschichten. Sie führen die Oehninger Fossilien. Sie liegen in den ca. 40 m mächtigen Oehninger Schichten, die der „Oehningerstufe“ und den „Oehninger Schichten s. str.“ F. HOFMANN's entsprechen. Liegendes sind die Steinbalmensande (Nr. 30), Hangendes die Grobsandstufe (Nr. 27) mit dem tortonen Basisbentonit.

30. Steinbalmensande und Juranagelfluh-Sande sind zu unterscheiden (s. Nr. 25). Das Profil von HAUS durch die Steinbalmensande und ihr Liegendes am Haldenhof (1 km NW Sipp-lingen am Bodensee) bringen ERB & a. (1961: Beil. 3) und SCHREINER (1970: Beil. 5), dazu im Text Erläuterungen. Die Steinbalmensande bauen den Sockel des Schiener Berges wesentlich auf. F. HOFMANN nennt sie Glimmersande bzw. Glimmersandstufe (1955b; 1956b; 1960b; 1969). Er führt sie auf FÜCHTBAUER's beckenaxiale alpine E-W-Schüttung zurück und verfolgt sie gegen das Rhonetal zu. RUTTE betont (1956b: 100–101) ihre vorwiegend fluviatile Entstehung. Dazwischen liegende Mergel, die sich oftmals weit seitlich erstrecken, sind Ablagerungen größerer Flachseen.

31. Die Haldenhofmergel sind nach dem Haldenhof auf Bl. Stockach (6,7 km WNW Überlingen) in der Erweiterten Graupensandrinne benannt (s. ERB & a. 1962; 1961: 46 f., Beil. 3 wie SCHREINER 1970: Beil. 5). „In konkordantem Übergang wachsen die Haldenhofmergel aus den Samtsanden [der Kirchberger Schichten] heraus“ (ERB & a. 1961: 46; SCHREINER 1973b: 13). Über die Unterscheidung von Haldenhofmergeln und Juranagelfluh-Mergeln siehe Nrn. 19, 25.

32. Die Kirchberger Schichten auch der Erweiterten Graupensandrinne sollen gesondert dargestellt werden. Hier liegen nur deren höhere Teile vor.

33. Als „Bodmansande“ hat SCHMIDLE Sandsteine unterhalb der Ruine Bodmann (S des W-Endes des Überlinger Sees) bezeichnet (SCHREINER 1970: 53¹). Sie gehören zur Beckenfazies (s. 4. Profil), die nordwestwärts unter der Erweiterten Graupensandrinne fortsetzt. Hier finden sich „Bodmansande“ als Erosionsrelikt am NE-Rand der Eichhalde, 1 km SE Kalkofen, Bl. Stockach (HAUS 1951: 52 Abb. 10, 53; ERB & a. 1961a; 1961b: 23, 24 Abb. 1, 31 f., 1929–130). Die Stelle der Bodmansande über den Sandschiefern nimmt in HAUS' Profil vom Haldenhof ein „Muschelsandstein“ mit Glaukonit und marinen Mollusken ein (ERB & a. 1961b: Beil. 3 wie SCHREINER 1970: Beil. 5). Diesen Muschelsandstein zählt SCHREINER (1970: 52) noch zu den Sandschiefern, indes ihn ERB & KIDERLEN (1955: 36) zu den Bodmansanden- Baltringer Schichten stellen. Weitere Literatur zu diesem Thema siehe SCHREINER (1967c: 100; 1970: 35, 53 u. Abb. 28; 1976: 16, 59), WERNER (1975b: 23) und F. HOFMANN (1976: 6). Herr Prof. Dr. A. SCHREINER hat auf Rückfrage folgendes geantwortet: „Auch ich war bis etwa 1970 der Ansicht, die Bodmansande seien gleichbedeutend mit den Baltringer Schichten. Nachdem ich aber die Profile am Überlinger See und an der Ruine Bodman noch einmal untersucht und durchdacht habe, wurde mir klar, daß da eine fast verhängnisvolle Gleichsetzung vorgenommen worden ist: Das was SCHMIDLE unterhalb der Ruine Bodman als ‚Bodmansande‘ bezeichnete, ist eine grobsandig- z. T. Mollusken-führende Einschaltung in den Sandschiefern, die von sandschieferartigen Leistensanden überlagert wird. Die ‚Baltringer Schichten‘ im Sinne von KIDERLEN (1931); der grobe alpine Gerölle führende, grobsandige Beginn des (später sogenannten) 2. Zyklus der Oberen Meeresmolasse fehlt an der Ruine Bodman! (siehe Abb. 28 in SCHREINER 1970). Also ist es nicht richtig, wenn man Bodmansande gleich Baltringer Schichten setzt. Wenn man den Begriff Bodmansande beibehalten will, dann wäre er als Grobsandfazies der Sandschiefer gleichbedeutend mit dem Muschelsandstein der Sandschiefer zu betrachten. Um weitere Verwechslungen zu vermeiden, wäre es besser, ihn fallen zu lassen.“

34. WERNER unterscheidet (1975b: 23) zwischen dem lithologischen Begriff ‚Sandschiefer‘ und seiner stratigraphischen Ausweitung ‚Sandschieferhorizont‘, worunter auch der Grobsandzug Friedingen-Rengetsweiler fällt. Da es sich streng genommen nicht um einen „Horizont“ handelt und der zudem kürzere Begriff Sandschiefer schon eingeführt war, spreche ich von Sandschiefer s.l. Die Sandschiefer, mitunter ihr oberster Teil, fehlen stellenweise (ERB & a. 1961: 23; SCHREINER 1970: 54; WERNER 1966: Abb. 3 Prof. 6; 1975a; 1975b: 24 Abb. 24, 28).

35. SCHALCH's Bezeichnung Heidenlöcherschichten (s. KIDERLEN: 237) leitet sich von den Heidenlöchern (den „Heidenhöhlen“ auf ERB's Bl. Konstanz) her, die zwischen Überlingen und Sipplingen liegen. KIDERLEN stellt (: 247) die Heidenlöcherschichten dem Unteren Muschelsandstein um Ludwigshafen/Bodensee gleich und faßt (: 235 f.) beide als „Basisschichten“, M 1 zusammen. Laut ERB & KIDERLEN (1955: 35) beginnt die untere Abteilung der OMM zwischen Überlingen, Ravensburg und Saulgau mit dem „Basissandstein“, der am Überlinger See Heidenlöcherschichten heißt. F. HOFMANN nennt die letzteren „Ueberlinger Sandstein“ (1976: 5 Abb. 3 und freundl. mündl. Mitt.). LEMCKE & a. (s. unser 6.–8. Profil) sprechen in ihrem Arbeitsgebiet von „Basisschichten“ der OMM. Die Heidenlöcherschichten keilen unter der Erweiterten Graupensandrinne nach NW aus (ERB & a. 1961: 23, 25 f.; SCHREINER 1970: 48 Abb. 9, 54; WERNER 1966: Abb. 3 Prof. 6; 1975a; 1975b: 24 Abb. 2).

4. Profil (Nrn. 36–42)

36. Süßwassersande und -mergel der OSM sind das Oberste in HAUS' Profil (1951: 50 Abb. 9 wie ERB & a. 1961: 34) bei Haggenhaus (1,25 km NW Owingen, s. ERB's Bl. Konstanz). Das Profil umfaßt die ganze Schichtfolge außer den Heidenlöcherschichten. Die vorwiegend sandigen Ablagerungen können als Teil der Glimmersandschüttung gelten. Am Hochbühl (2 km E Owingen, Bl. Konstanz) erreichen sie samt einem schneckenführenden Basiskonglomerat die höchste Mächtigkeit von 50 m, im Nordteil der Erweiterten Graupensandrinne vielleicht 25–30 m (ERB & a. 1961: 49–50; 1962). In deren Profilen 3–9 (: 116–119, s. Beil. 2) sind sie 0 bis höchstens 16 m stark. ERB & a. stuften diese Sedimente in das Torton ein, worauf außer ihrer geringen Mächtigkeit auch die Lage nördlich, also unter der A-Grenze hinweist. Haldenhofmergel sind auf der Albsteinplatte im allgemeinen nicht vorhanden. Diese lag damals noch trocken und wurde erst danach eingedeckt (ERB & a.: 46–47). Doch beschreiben die Autoren eine Stelle, wo auf dem Albstein noch einige Meter Mergel liegen. Zur Untergrenze heißt es (: 49): „Man darf annehmen, daß auf der Albsteinplatte um Owingen herum nur die tiefsten Schichten der dortigen O.S.M. dem Grenzbereich Haldenhofmergel gegen Steinbalmensande zeitlich entsprechen, während die Hauptmenge zu den Steinbalmensanden gehört.“ – Das wird zutreffen, weil über dem Albstein der junghelvetisch-alttortone Hiatus folgt und damit die tiefen, alttortonen Haldenhofmergel in der Graupensandrinne liegen.

37. Die Schichtlücke zwischen den „Süßwassersanden“ der OSM und dem Albstein ist bei HAUS vermerkt (1951: 50 Abb. 9, 62).

38. Der Albstein wird in ZÖBELEIN (1985: Kap. C) eigens behandelt.

39. Die Übergangsschichten hat NÄGELE vom Top der Deckschichten abgetrennt und sie beschrieben (1962: 56–57, 66, 94, 99–100, 109, 110–111). Es sind (: 57, 110) 0,4–1,6 m (durchschnittlich 1 m) mächtige, leicht staubsandige, grünlichgraue bis weiße, stark dolomitische Mergel. Auch können plattig absondernde, stark sandige Mergel von gelblichbraunen Mergellinsen oder -bänken von 1–10 cm Dicke durchzogen sein, die sich nach oben anhäufen. Als ihr Äquivalent betrachte ich zufolge ihrer entsprechenden stratigraphischen Lage und ähnlichen Ausbildung die kalkigen, verhärteten Knollen und darunter die zähen, grünlichgrauen Mergel mit hellen, knolligen, kalkigen Partien, die HAUS (1951: 50 Abb. 9) im Profil bei Haggenhaus N Owingen zwischen Albstein und Deckschichten beschrieben hat. Die Übergangsschichten (samt dieser Kalkknollen-Mergelschicht) auf der Albsteinschwelle entsprechen lage- und daher wohl auch altersmäßig den Helicidenschichten in der nördlichen Randzone (1. Profil Nr. 10). Sie zählen wie diese zur tiefsten SBM, wie sie auch keine marin-brackischen Einschlüsse mehr aufweisen. – Übergangsschichten bzw. deren Entsprechungen könnten sein: a) ein

Staubsandstein im Stbr. Kirnerberg/Zimmerholz (s. SCHREINER 1966b: 41 Nr. 8; ähnlich bei LEUZE 1922: 322), b) ein ockergelber Mergel bei Bargen (s. F. HOFMANN 1967: 191 Abb. 3 Nr. 4 wie 1976: 6 Abb. 4 Nr. 4) und c) ein Tonmergel bei Altheim (s. WERNER 1975b: 30). Unter a)–c) folgen OMM-Deckschichten. – NÄGELE's Übergangsschichten und SEEMANN's „Sandige Übergangsschichten“ (1929: 68–69, 88–89, Tab. zu S. 111; nach SCHMIDLE) sind nicht identisch. Letztere sind am Schienerberg 8–20 m mächtig, führen lokal unten u. a. alpine Gerölle und unterlagern die Haldenhofmergel. In der neueren Literatur wird SCHMIDLE's und SEEMANN's Begriff nicht mehr verwendet. B. HOFMANN's „Übergangsschichten“ liegen profilhöher am Top des Nördlichen Vollschochers (s. 10. Profil Nr. 86).

40. Über die OMM-Deckschichten s. 1. Profil Nr. 11.

41. Über Bodmansande und Baltringer Schichten siehe 3. Profil Nr. 33. Als Baltringer Schichten haben ERB & a. (1961: 31) die Bodmansande und Deckschichten zusammengefaßt, wie auch SCHREINER zeitweilig (1966c: 95 Abb. 3, 99 Abb. 4, 103) verfahren ist. Dann scheidet er aber (1970: 35 Tab. 1) beide als eigene Einheiten aus und nennt (: 53) „Baltringer Schichten oder Bodmansande“. Letztere entfallen laut SCHREINER.

Neben Baltringer Schichten ist von Baltringer Horizont die Rede, so auch bei LEMCKE & a. (1953: 21, 22, 23, 25, s. unser 6. Profil Nrn. 62, 64), ERB & a. (1961: 22) und SCHREINER (1966b: 37). HAGN schreibt (1961: 317) „Baltringer Horizont“ und F. HOFMANN (1967: 190) „„Baltringerhorizont“ (Bodmansande)“. F. HOFMANN parallelisiert damit (1967: 191 Abb. 3 Nr. 7 wie 1976: 6) die Austernnagelfluh [das Alpine Konglomerat; s. 1. Profil Nr. 12]. Die Baltringer Schichten führen basal eine bis mehrere Lagen alpiner Gerölle (SCHREINER 1970: 53), die sich bis Äpfingen-Baltringen im Rißtal verfolgen lassen. „In Bohrungen wurden Gerölle bis ins Augsburger Gebiet festgestellt (LEMCKE et al. 1953, 23)“ (SCHREINER 1966c: 96, 98). – Bemerkung: Soweit der Begriff „Baltringer Horizont“ bisher für die gesamten Baltringer Schichten verwendet wurde, die ein komplexes Gebilde („Schichten“) sind, ist er nicht angebracht. Als „Baltringer Horizont“ kann man den bei LEMCKE & a. (1953: 22) „0,3–2,5 m mächtigen, groben Muschelsandstein“ teils mit alpinen Geröllen an der Basis der Baltringer Schichten bezeichnen, der den II. OMM-Zyklus einleitet. Er entspricht (s. SCHREINER) dem Alpenen Konglomerat.

42. der Name Geflammte Letten geht laut HAUS (1951: 51) und SCHREINER (1970: 52) auf KNUFER (1912: 310) zurück. Wie HAUS und ERB & a. (1961: 28) verwende ich ihn statt der späteren Umbenennung in „Flammenmergel“, da WENZ (1924) diesen Namen auf die tiefsten Silvana-Schichten (OSM) bezogen hat (s. 5. Profil Nr. 45). Die Foraminiferen der Geflammten Letten sprechen nach JÖRG (1950: 34) „möglicherweise für einen kurzfristigen brackischen Einschlag“ in den marinen Sandschiefern s. I. (s. HAGN 1961: 317, 296, 316). Die roten Sedimente dürften vom Festland eingeschwenkt worden sein.

5. Profil (Nr. 43–48)

43. Sarmat fehlt (ZÖBELFIN 1983: 159, 170, 182).

44. Von den Silvana-Schichten wurde der höhere Teil abgetragen. Ein tiefer Teil füllt die Graupensandrinne vollends auf (Lit. wie Nr. 43 und dort: 160).

45. Flammenmergel der „OSM“ sind als einzelne Vorkommen auf den Blättern Zwiefalten (HAAG 1960: 80 f.) und Munderkingen (PRINZ 1959: 49 f.; 1974: 35 f.) bekannt. Sie bilden laut HAAG (: 84) in der Nähe des Beckenrandes einen Leithorizont, was PRINZ (1959: 48–49; 1974: 36) verneint. Sie liegen auf Kirchberger Schichten, doch läßt sich eine genaue Grenze nicht an-

geben (PRINZ 1959: 48; 1974: 36). Örtlich kommen „Süßwasserkalke“ im Liegenden der Flammenmergel vor, teils mit [der brackischen] *Hydrobia semiconvexa* (PRINZ 1974: 36–37). Es könnte sich meines Erachtens um obere, limnische und/oder untere, brackische Bithynien-Schichten handeln (s. Nr. 46). WENZ (1924: 186) stuft die Flammenmergel aufgrund ihrer Landschnecken als tiefstes Glied seiner unteren Silvana-Schichten, Torton, ein. Wassermollusken fehlen bisher wie in den Helicidenschichten. WENZ hält die Roterden und Landschnecken beider Ablagerungen für eingeschwemmt. Nach PRINZ (1959: 49; 1974: 35) sind die Flammenmergel wohl Verwitterungsprodukte der nahen Jurahochfläche, welcher Auffassung ich mich anschließe. HAAG nennt (1960: 80, 84) aus seiner „OSM“ von den Ostracodenarten STRAUB's (1952: Taf. 4) die brackischen 1. *Candona suevica* und 2. *Candona* (?) *kirchbergensis*; 3. die meist limnische *Candona molassica*; die limnischen 4. *Candona exigua* und 5. *C. praecox*. 6. *Darwinula* cf. *cylindrica* ist wegen der „cf“-Bestimmung ökologisch nicht zu beurteilen. Davon kommen die Nrn. 2, 3 und 6 im „obersten Teil der Flammenmergel von Baach (578 und 579 m NN)“ bei der Zehntscheuer vor. Diese ist auf Bl. Zwiefalten 100 m nördlich P 544,9 auf 560 m ü. NN. eingezeichnet. HAAG's Belegmaterial konnte nicht überprüft werden. Ich habe deshalb auf der Westseite des Hohlwegs, 140 m N der Zehntscheuer (gegenüber dem Wasserbehälter; Straßenhöhe hier ca. 575 m) folgende Proben entnommen, die Herr G. FUCHS vom hiesigen Institut geschlämmt und ausgelesen hat: 1. Probe, ca. 574,4 m, dunkel ziegelroter Mergel; 2. Probe, ca. 575,2 m, oberste rote Lage, Grenze gegen den hellgrauen Mergel; 3. Probe, ca. 576,3 m, Nest hellziegelroten Mergels; 4. Probe, ca. 576,3 m, neben der 3. Probe, hellgrauer Mergel; 5. Probe, ca. 578,2 m, hellgrauer Mergel, oben mit Algenkalkhülsen. Laut Durchsicht und Bestimmung des Schlammgutes durch Herrn Dr. MALZ, Frankfurt, waren „juvenile – letztlich aber unbestimmbare – Candonen ... en masse enthalten. Von adulten Stücken konnte ich nur in Probe 5 [das ist HAAG's „oberster Teil der Flammenmergel“] folgende Arten sicher bestimmen: *Candona steinheimensis*, *Candona kingslei* (Fußnote: Die SIEBER'sche *C. arida* ist übrigens sehr, sehr viel kleiner) sowie *Cypria ophthalmica*. Hinweise auf Brackwasser ergeben sich aus der Fauna nicht; alles süß.“ Falls in HAAG's Belegmaterial tatsächlich „brackische“ Arten enthalten waren, ist zu erwägen, ob sie nicht aus Kirchberger Schichten umgelagert wurden. Einstweilen können die Flammenmergel als limnische Sedimente gelten.

46. Die Bithynien-Schichten sind im oberen Teil limnisch und Torton, im unteren Teil brackisch und Oberhelvet. Die Grenze zwischen beiden ist die OSM/SBM-Grenze (ZÜBELEIN 1983: Tab. 1 im 3. und 7. Profil, 158–159, 160).

47–48. Die Kirchberger und Grimmelfinger Schichten werden in einer späteren Veröffentlichung behandelt.

6.–8. Profil (Nrn. 49–67)

49. Diese Profile betreffen das Arbeitsgebiet von LEMCKE & a. (s. 1953: 3, Taf. I, II und VII)². Hier mußten die Autoren einen Schritt in wissenschaftliches Neuland wagen und ein erstes zusammenhängendes Bild des paläogeographischen Geschehens bei sehr viel geringerem Kenntnisstand entwerfen. Hier haben sie den Begriff „Süßbrackwassermolasse“ (SBM) aufgestellt, über den verschiedentlich diskutiert wurde. Er wird beibehalten, wofür die Begründung in einer späteren Publikation folgen wird. Die Abgrenzung der SBM wird insoweit präzisiert, als die Obergrenze durch die Bithynien-Schichten oder ihre Entsprechungen gezogen und als

²) Über den Anteil der einzelnen Autoren an den Untersuchungen und der Abfassung siehe ihre S. VII–VIII und die zum Teil signierten Tafeln und Abbildungen.

Untergrenze jene der Helicidenschichten oder der stratigraphisch korrelierten „Übergangsschichten“ NÄGELE's betrachtet wird (s. Nr. 46; ZÖBELEIN 1985: Kap. B 6a). – Nach LEMCKE & a. (: 39) ergibt „Die Zusammenfügung der Beobachtungsdaten ... ein kompliziertes Bild von der Rückzugsphase des OMM-Meeres“, wie auch (: 94) der Sedimentationsablauf in der SBM ihres Gebietes etwas kompliziert ist. Das wirkt sich auch auf die Erörterung ihrer Darlegungen aus, desgleichen auf den hier unternommenen Versuch einer andersartigen Korrelierung der SBM und auf die paläogeographische Deutung.

LEMCKE & a. bringen (: 93 Abb. 31) eine Gliederung der westlichen Vorlandmolasse mit 5 Profilen von SW nach NE und von S nach N. Nach ihren Aussagen (: 28–29, 36) entspricht ihr am „Albsüdrand“ liegendes 4. Profil mit seiner Abfolge von OSM, „Bythinien-schichten“, Kirchberger und Grimmelfinger Schichten jenem durch die Eigentliche Graupensandrinne von Ulm-Günzburg und damit unserem 5. Profil. Die Schichtlücke zwischen den Grimmelfinger Schichten und der USM drücken die Autoren durch „(o-)“ m OMM aus. Weitere Mächtigkeitsangaben der OMM gelten nicht für dieses Profil, da die „vollbrackischen Kirchberger Schichten“ nicht, wie auf S. 35 angenommen wird, „Hangendes der OMM“ sind. Vielmehr ist die durchgezeichnete OMM durch eine Schichtlücke bis zur USM oder zum Weißjura zu ersetzen (s. unser 5. Profil). In ihrem 3. Profil korrelieren die Autoren „Albstein (Schwelle)“ mit „Kirchb. Sch.“ + „Graupensande“ ihres 4. Profils, was NÄGELE (1962: Abb. 1) übernommen hat. Der Albstein ist jedoch älter als die Graupensandrinne und deren Füllung (ZÖBELEIN 1985: Kap. C 7). Demgemäß ist der Albstein hier wie im 2. Profil tiefer zu setzen, wobei über dem Albstein beiderseits der Eigentlichen Graupensandrinne der junghelvetisch-altortone Hiatus folgt (s. unser 1. Profil Nr. 8).

LEMCKE & a. stellen (Tafel II) ihre Befunde aus 32 Bohrungen in Säulenprofilen dar. Diese Bohrungen waren mit Ausnahme von Scherstetten 1 Counterflush- (CF-) Bohrungen, deren kleinkalibrige Kerne für eine Erfassung besonders von Makrofossilien ungünstig waren (LEMCKE & a.: 16). Das „CF“ vor den Bohrungsnummern lasse ich wie die Autoren in ihren Lageskizzen (Taf. II, VII; unsere Abb.) weg. Für 18 dieser 32 Bohrungen liegt auf ihrer Tafel VII ein „Fazieller Vergleich aller vollständigen SBM-Profile“ vor. Diese 18 Bohrungen habe ich im 6.–8. Profil wie die Autoren auf ihrer Tafel VII von SW nach NE angeordnet, indes Krumbach 1006 und Hohenzell 1001 wegen eines Schichtausfalls an den Rand des 6. bzw. 8. Profils gesetzt. Aichach 1001 und 1002 (7. Profil) liegen noch 15 bzw. 5 km W des Lechs (s. unsere Abb. 1). Korrelierte Schichten des 6.–8. Profils werden zusammen behandelt.

Die Bohrungen liegen alle südöstlich des Bereichs der extrapolierten Albsteinschwelle. Denn diese grenzt im Bereich des anstehenden Albsteins an die Graupensandrinne an (LEMCKE 1972: 36) und ist ca. 10 km breit (NÄGELE 1962: Abb. 1 zu S. 48). Das darf auch für die (evtl. ehemalige) Fortsetzung der Albsteinschwelle im NW des Arbeitsgebietes von LEMCKE & a. angenommen werden. Diesen Kontakt zwischen Graupensandrinne und Albsteinschwelle stellen die Autoren in ihrem schematischen Profil (: 40 Abb. 6) auch dar.

50. Obere Süßwassermolasse (OSM): „Unter weiterer Aussüßung ging schließlich im ganzen Arbeitsgebiet die SBM fließend und ohne nochmalige Zufuhränderung in die Obere Süßwassermolasse über“ (LEMCKE & a.: 44). Auf den lithologischen Übergang und die fließende Grenze zwischen SBM und OSM verweisen die Autoren auch auf S. 30, 35 und in der Legende zu Tafel II. Einen solchen Übergang zeigt in der Nachbarschaft nur die Füllung der Graupensandrinne. Dort gehen die Kirchberger Schichten über die tieferen Bithynien-Schichten des Oberhelvets (= höchste SBM) in die höheren Bithynien-Schichten und die überlagernden Silvana-Schichten (beide Torton, OSM) über. Daß LEMCKE & a. einen Übergang und nicht den junghelvetisch-altortonen Hiatus vorfanden, bestätigt die Lage der Bohrungen abseits der Albsteinschwelle gegen die Beckenmitte zu. Die OSM der Autoren ließ sich nicht durchgehend

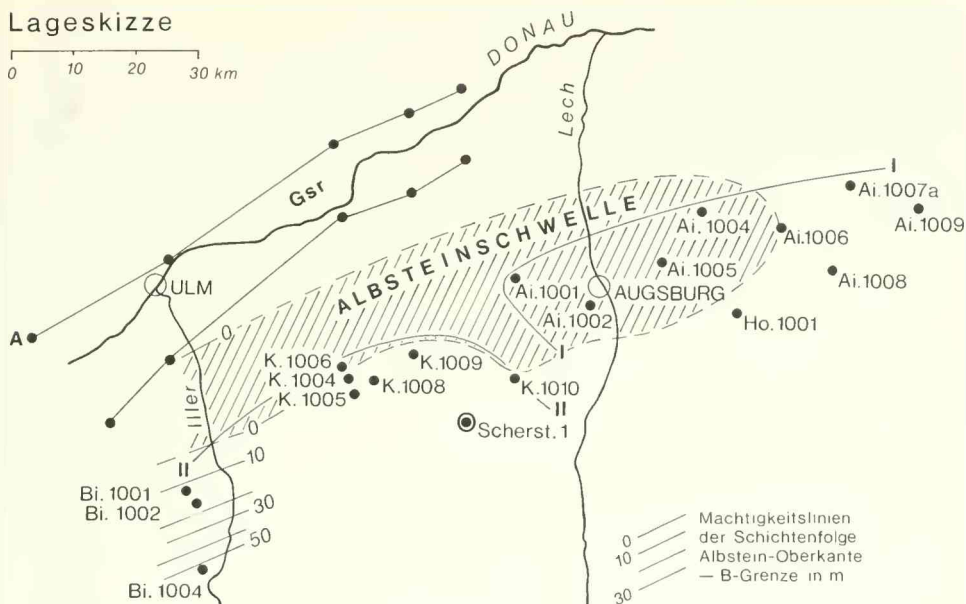


Abb. 1: Lageskizze der 18 Bohrungen mit SBM-Profilen (aus LEMCKE & a. 1953: Tafel VII). – Zusätze des Verf.: Iller; Lech; Gsr = Eigentliche Graupensandrinne, ungefähre Grenzen nach der Molassekarte 1954 (bezogen auf die Linien Bi. 1001 – A(Ilmendingen); Bi. 1001 – Ulm; nördlich K. 1006; nördlich K. 1009 und nördlich Scherst. 1). — I = Bereich der Sand-Kalkmergelschicht. — II = Bereich der bunten Serie (Verlauf von I und II gegen den Lech unsicher).

nach lithologischen Merkmalen gliedern (: 45). Ihre Tafel VIII zeigt „Hauptgeröllsande“, die durch Sande und Mergel in wechselndem Verhältnis überlagert (darin „Obere Geröllsande“) und unterlagert werden. Über die Schichten und den Materialtransport berichten LEMCKE & a. auf S. 65 f. und Tafel IX sowie FUCHTBAUER (1954a; 1967: 288 Abb. 11, 5).

51. Für die Abgrenzung von Torton und Sarmat fehlen im Bereich des 6.–8. altersweisende Fossilien. Als Hilfsmittel verbleiben die obere DEHM'sche Grenze innerhalb der OSM, die sich (10. Profil Nrn. 82, 103j) als Torton/Sarmat-Grenze erwiesen hat, sowie die A-Grenze LEMCKE's & a. (Nr. 52). Während beide weiter im E ziemlich übereinstimmend verlaufen (s. Nr. 52), liegt die obere DEHM'sche Linie bereits bei Aichach 1008 und westwärts weiter im S, also i. allg. profilhöher (s. Molassekarte). Ich nehme vorerst diese mit dem Lineal gezogene obere DEHM'sche Linie als ungefähre Torton/Sarmat-Grenze an. Dann setzt von den 18 Bohrungen nur Hohenzell 1001 südlich davon, also im Sarmat an.

52. Die sedimentpetrographische A-Grenze in der OSM ziehen LEMCKE & a. dort, wo sich eine höhere, nordwärts gerichtete alpine Granat-Staurolith-Apatit-Schüttung (GSA₂) gegen eine tiefere, zur Trogachse parallele Ost-West-Schüttung mit vorwiegend Granat-Epidot (GE) durchsetzt. Der Granatgehalt steigt bis durchschnittlich 260 m über der OSM-Basis an, fällt dann relativ rasch ab und behält diesen tieferen Wert bei. Die Lage des bleibenden Absinkens, bei fortbestehender GE-Vormacht, wurde als A-Grenze bezeichnet. In den feineren Fraktionen nimmt der Granatgehalt deutlicher als in den groben ab. Der Zoisitgehalt nimmt von der OSM-Sohle gleichmäßig zu, um gegen A gleichmäßig fast auf 0 abzusinken. Über A findet er sich im ganzen Gebiet nur mehr sporadisch. Der relative Anteil an Hornblende nimmt im ganzen nach

oben zu, jener an Staurolith ab. Hornblende wie Glimmer werden wohl infolge ihrer Kornform durch Sortierung „an Stellen fehlender oder schwacher Bodenströmung angereichert“. Außerdem wird der Apatit-Gehalt bewertet. Die A-Grenze betrachten die Autoren mit $10 \pm m$ Schwankung als Zeitmarke (zur A-Grenze siehe LEMCKE & a.: 52 f., 95, ferner 66 f., 78–79, 85–87, 90–91, Tafel II). FUCHTBAUER hat (1954a: 39–41) die A-Grenze zusammenfassend so beschrieben: „Etwa in der Mitte der aufgeschlossenen Oberen Süßwassermolasse wurde eine petrographische Unstetigkeit gefunden, die bei den strukturellen Kartierungen eine große Bedeutung erlangte. Sie ist dadurch charakterisiert, daß oberhalb derselben in der axialen Schüttung der Zoisitgehalt nahezu verschwindet und der Granatgehalt im Mittel von 80 auf 65% der Schwermineralgehalte zurückgeht.“ Der Zoisit „ist das diagnostisch wichtigste Mineral geworden“ (1954a: 40). Der Nördliche Vollschocher entspricht den Schichten unter A (FUCHTBAUER 1954b: 340). Damit übereinstimmend legen ABELE & a. (1955: 51) durch Geländeaufnahmen die Grenze ihrer mittleren/oberen OSM-Serie an die Oberkante der größten Schüttung, die „im wesentlichen ... der ‚A-Grenze‘“ entspricht.

Zur Klarstellung der A-Grenze schreibt Herr Prof. Dr. K. LEMCKE in freundl. briefl. Mitt.: „Sie markiert, z. B. nach LEMCKE et al. (1953: 52) oder FUCHTBAUER (1954), eine Zufuhränderung im alpenparallelen GE-System, die mit einer Abnahme von dessen Schüttungsintensität verbunden war, was wiederum der – radialen – GSA₂-Schüttung ein Vordringen nach N ermöglichte. Dieses war also Folge, nicht Ursache der beckenaxialen Zufuhränderung an der A-Grenze (nach FUCHTBAUER (1954: 337) Enns + Salzach → Salzach allein).“

Stratigraphische Stellung der A-Grenze: Von den 18 Bohrungen durch die vollständige SBM liegen Biberach 1004, Scherstetten 1, Hohenzell 1001 und Aichach 1008 südlich „A“ (Molassekarte). Auf Tafel II verzeichnen LEMCKE & a. „A“ außerdem in den Profilen Krumbach 1008, Aichach 1006 und 1009. Sie liegen wie Aichach 1008 in der Nähe von Fundpunkten mit *Dinotherium bavaricum*, faunistisch also im höheren Torton (Nr. 103 j). Für dieses Alter spricht auch die Lage der Bentonite (s. Nr. 53). Abweichend von dieser Divergenz zwischen der oberen DEHM'schen Grenze und der A-Grenze liegen beide N München und ostwärts bis zur Vils nahe beisammen oder überschneiden sich. SCHMEER's Übersichtskärtchen (1955: 499) zeigt diese Annäherung bereits NW von München (etwa um Altomünster), wozu sich die ungefähre Südgrenze des Hauptschotters nach ABELE und BESCHOREN gesellt. Der unterschiedliche Verlauf der Grenzen DEHM's und LEMCKE's & a. in den genannten Gebieten bedarf noch der Klärung.

SCHMEER weist (1955: 498 f., 515) bezüglich der mineralogischen Hauptmerkmale der A-Grenze darauf hin, daß die geschlossene Verbreitung der hohen GE-Werte mit dem Verbreitungsgebiet des Hauptschotters (= Nördlichen Vollschotters) zusammenfällt. Die Autorin verweist (: 505) auf die Transportbeständigkeit von Granat und Staurolith und demzufolge auf eine Anreicherung in gröberkörnigen Ablagerungen, dazu (: 507 f.) auf die verschiedene Verwitterungsresistenz von Schwermineralien, die für die A-Grenze maßgebend sind. „Die bisher herkunftsmäßig als unterschiedlich gedeuteten Schüttungen unter- und oberhalb der A-Grenze können vielleicht durch eine einzige, gleichartige Schüttung erklärt werden, die ... u. a. durch Faktoren, wie Transportauslese und Verwitterungsausmerze, im Schwermineralbild verändert wurden“ (: 515)³⁾. – Demgegenüber erklärt LEMCKE (1984: 371, 380) die unterschiedlichen Mineralgehalte unter und über „A“ durch Änderung der Materialzufuhr aus dem alpinen Liefergebiet, die durch das Riesereignis beeinflusst wurde.

³⁾ Anätzungen verschiedener Schwermineralien waren seit längerem in der Literatur behandelt worden. Daß eine Reihe von Schwermineralien durch Verwitterung völlig aufgelöst wurde, begleitende aber resistent blieben, habe ich erstmals in meiner Dissertation (1939, MS) dargelegt. NEUMAIER & WIESENEDER zitieren diese (1939: 214, 237, 246, 252) und haben sich anhand nachgeholter Proben von der Richtigkeit meiner Aussage über die Verwitterungsauslese von Schwermineralien überzeugt. Kriegsbedingt erschien

53. Vulkanische Tuffe und Jura- etc. Auswürflinge in der OSM: Ob sie aus dem Ries oder durch örtliche Vulkanausbrüche (etwa im Zusammenhang mit dem Riesereignis) ausgeworfen wurden, ist noch nicht gesichert (s. dazu 10. Profil Nr. 88a). Verwitterte, Montmorillonit-reiche vulkanische Tuffe sind die Bentonite. LEMCKE & a. beschreiben (: 73f.) diese vulkanischen Erscheinungen aus Tagesaufschlüssen und vulkanische Tuffe in den Bohrungen Biberach 1004 und Aichach 1005 (s. auch ihre Tafel II). Sie treten „im OSM-Profil jeweils nur in einem Bereich wenige Dekameter unterhalb der A-Grenze“ auf (: 74). Nach Tafel II liegt der Tuff in Biberach 1004 auf ca. 458 m ü. NN. und rund 70 m unter A, in Aichach 1005 auf ca. 502–507 m ü. NN. und schätzungsweise 8 m unter A. – Laut ABELE & a. (1955: 50, 52; vgl. STEPHAN 1955: 57) liegen vulkanische Tuffe bzw. Weißerden und eckige Auswürflinge „An der Oberkante der mittleren Serie“. Dort zeichnet STEPHAN vulkanische Tuffe beiderseits „Aichach 1005 + 1006“ ein (Erl. Molassekarte: Tafel 2 Profil 25). „Der beschriebene Horizont mit vulkanischen Auswürflingen tritt rund 30 m unter dem beschriebenen Weißerdeverkommen bei Aichach (S. 50) auf“ (ABELE & a.: 52). Auch um Augsburg liegen laut SCHEUENPFLUG (1980: 139) „die Bentonite jeweils stratigraphisch über den Weißjurabrockhorizonten . . . , abermals über den beiden folgt die A-Grenze“, und zwar (: 140) zwischen etwa 5 und 35–40 m über den Bentoniten.

Das Alter der Bentonite ist hohes oder höchstes Torton. Das ergibt sich aus der absoluten Datierung (10. Profil Nr. 82) bzw. aus der Lage der Bentonite über der Sandmergeldecke des Nördlichen Vollschoeters (10. Profil Nr. 88c), der Fossilführung ihres Liegenden und Hangenden (Nr. 103) und damit der Abgrenzung von Torton/Sarmat (Nr. 103j).

54. Vor Erörterung der Süßbrackwassermolasse (SBM) soll die darin verlaufende B-Grenze behandelt werden. An dieser Grenze „vollzieht sich also im ganzen Gebiet – wenn auch im Süden kaum andeutungsweise – ein Sedimentationsumschlag von GSA [Granat-Staurolith-Apatit] zu GE [Granat-Epidot], der überall von einer plötzlichen Änderung der jeweiligen Ablagerungsmedien (W: süß → schwach brackisch, E (unschärfer) marinbrackisch → schwach brackisch) begleitet wird und wohl einen einheitlichen Vorgang darstellt“. „Sein Beginn . . . darf daher mit einem Spielraum von ± 10 m als Zeitmarke gelten“ (: 38). (Die GSA-Schüttung in der SBM bezeichnen die Autoren als GSA₁, jene in der OSM als GSA₂.) Die besagte unscharfe B-Grenze liegt in den Bohrungen Aichach 1005, 1006 und Hohenzell 1001 vor (: 29–30, 38.) Die Autoren definieren (: 94) die B-Grenze auch als „das Vordringen der GE-Schüttung über die Albsteinschwelle hinweg nach S und SW . . . , das sich überall in den Mineralprofilen und in der Mikrofossilführung deutlich bemerkbar macht“. Weitere Hinweise auf die B-Grenze bringen LEMCKE & a. auf den Seiten 41, 43 Abb. 8, 44, 84 und auf Tafel II. – Auf Tafel VII entspricht die B-Grenze E Aichach ungefähr der Grenze zwischen der unteren sandigen Abteilung (Nr. 57) und der oberen kalkig-mergeligen Abteilung (Nr. 58), in Aichach 1001–1006 (Sand-Kalkmergelserie, Nr. 56) und in Krumbach 1006 (bunte Serie, Nr. 60) auch der Lage des „Albsteins“. In den anderen Profilen der bunten Serie läuft „B“ durch diese Serie hindurch.

Diskussion zur B-Grenze: Nach Tafel VII trifft die Abfolge von GSA₁ (unten) und GE (oben) nicht auf Biberach 1004 und Scherstetten 1 zu. In beiden liegt GSA₁ unter wie über „B“. Außerdem führen die Bohrungen in der Sand-Kalkmergelserie (E des Meridians von Scherstetten 1) vorwiegend GE sowohl unter „B“ (untergeordnet GSA₁ mit der Annäherung an „B“)

meine Veröffentlichung erst 1940 (s. darin: 287f., 297f., Taf. 15–16). Staurolith und Dithen, die ich für verwitterungsstabil gehalten hatte, stehen in später publizierten Stabilitätsreihen am Ende der verwitterungsinstabilen Schwermineralien. Natürlich war ich (1940: 290) davon überzeugt, daß EDELMANN's sedimentpetrographische B-Limburg-Provinz durch entsprechende Ausmerzung verwitterbarer Schwermineralien entstanden war. Die Bestätigung hierfür sollten die niederländischen Sedimentpetrographen liefern.

wie über „B“. Über den angenommenen plötzlichen Umschlag im Salz- und damit im Mikrofossilbestand der Ablagerungsmedien siehe S. 228, über vermeintliche Brackwasserschüttungen aus der Graupensandrinne S. 233.

Gliederung und Fazies der Süßbrackwassermolasse nach LEMCKE & a.

Über den zugehörigen „Albstein“ siehe Nr. 61.

55. Im Raum östlich Aichach besteht die Süßbrackwassermolasse LEMCKE's & a. aus der

56. Sand-Kalkmergelserie (: 29, Tafel VII; unser 8. Profil Nr. 56).

57. Diese unterteilen die Autoren (: 29–31) in eine untere, weit überwiegend sandige Abteilung (Nr. 57) unter der B-Grenze und in eine obere, mehr

58. kalkig-mergelige Abteilung (Nr. 58) über „B“. Die Sande der unteren Abteilung sind „vielfach kalkfrei, eine Erscheinung, die sonst nur aus dem Verwitterungsbereich bekannt ist“ (: 29). In Aichach 1002 und 1004 „ist die ... Sand-Kalkmergelserie in ihren lithologischen und faunistischen Grundzügen noch vorhanden“. Auch ihre Unterteilung in zwei Abteilungen „läßt sich noch einigermaßen durchführen“ (:32). In Aichach 1001 fehlt die untere Abteilung unter „B“. In Aichach 1001 ist die obere Abteilung, eine mergelige Schichtfolge mit vielen dunklen, fossilreichen Bänken der entsprechenden Schichtfolge in Aichach 1002 sehr ähnlich (: 33). Deshalb beziehe ich Aichach 1001 noch in die kalkigmergelige Abteilung der Sand-Kalkmergelserie (den Bereich I unserer Abb.) ein.

58a. Die SBM des 7. Profils gehört wie jene des 8. Profils zur Sand-Kalkmergelserie (Nr. 56), zeigt indes in jeder Bohrung „Albstein i. w. S.“.

59. Der Raum Krumbach – Scherstetten – Illergebiet gehört laut LEMCKE & a. (: 34) „zu einem anderen Faziesbereich“ der SBM (II auf unserer Abb.), jenem der

60. bunten Serie (Nr. 60). Es sind vorwiegend rötliche bis violett-bunte Mergel, die von Bibberach 1001 bis Scherstetten 1 unter und über der B-Grenze liegen (Tafel VII). Sie treten mit und über dem „Albstein“ auf. Die Beschaffenheit der bunten Serie in den einzelnen Bohrungen beschreiben die Autoren auf den S. 33–35.

Glaukonit und Fossilien in den Kernen der 18 SBM-Bohrungen und die relativen Häufigkeiten registrieren LEMCKE & a. auf den Seiten A1–A8. Symbolisch stellen die Autoren die Fossilführung auf Tafel VII dar. Der Schwerpunkt liegt wegen der kleinen CF-Kerne bei den Mikrofossilien (1953: 16). Unsere Tab. 2 ist aus dem Fossilregister zusammengestellt. Verteilung auf die Faziesbereiche (I, II) siehe Abb. 1.

Fossilien und Fazies der Sand-Kalkmergelserie nach LEMCKE & a.: Laut deren Aussage (: 31) begründen die Mikrobefunde ebenso wie die Lithologie eine Abtrennung der Sand-Kalkmergelserie von der OMM und OSM, wenngleich (: 30, 41) lithologische Übergänge zum Liegenden und Hangenden bestehen. Auf ihrer Tafel VII markieren die Autoren Profileile durch Doppelstriche als „Nachweisbar marin-brackisch“. So gekennzeichnete Strecken finden sich nur in der unteren sandigen Abteilung, und zwar im allgemeinen in deren tieferem Teil. Sie beruhen laut Fossilregister auf meist sehr seltenen (ss) bis seltenen (s) „Foraminiferen wie in der OMM“, „die infolge ihrer Anpassungsfähigkeit noch in brackischem Wasser mit relativ hohem Salzgehalt lebensfähig sind“. Manchmal beruht die Faziesaussage auch auf einhergehenden oder gesonderten Vorkommen von Glaukonit. (In Aichach 1004 bezieht sich der untere Doppelstrich auf ein fragliches, der obere auf ein einzelnes, sehr seltenes Glaukonitvorkommen.) Die Autoren betrachten die sandige Abteilung als „brackische Bildungen, allerdings mit starkem marinem Einschlag“ (: 31).

Tab. 2: Glaukonit und Fossilien in der SBM der 18 Bohrungen

	Bi. 1001	Bi. 1002	Bi. 1004	Kr. 1006	Kr. 1004	Kr. 1005	Kr. 1008	Kr. 1009	Scherst. 1	Ai. 1001	Ai. 1002	Ai. 1005	Ai. 1004	Ho. 1001	Ai. 1006	Ai. 1008	Ai. 1007a	Ai. 1009
1. Glaukonit	×	×	×	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	×	×	—	×	×
2. Foraminiferen wie in der OMM	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	—	×	×	×	×	—
3. „ <i>Eucypris</i> ?“ <i>candonaeformis</i>	?	?	×	—	?	—	—	×	×	×	×	—	×	—	—	×	—	—
4. <i>Cyprinotus</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	×	×	—	—	—
5. <i>Darwinula</i> <i>cylindrica</i>	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—
6. <i>Ilyocypris gibba</i>	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
7. <i>Candona praecox</i>	—	—	?	—	—	—	—	×	×	—	—	—	×	×	—	—	—	—
8. <i>Cyclocypris</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	×	—	—	—
9. <i>Candonopsis</i> sp.	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	—	—	—	—	—	—	—
10. Ostracoden indef.	—	—	×	—	×	—	—	×	×	×	×	×	×	×	—	—	×	×
11. Cardien-Reste	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—
12. Congerien-Reste	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	?	—	—	—	—
13. Hydrobien	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	—	×	—	—	—	—	—	—
14. Bithynien-Deckel	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	×	×
15. Fischreste	×	×	×	—	×	—	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—
16. Characeen	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	—	×
17. Fossiltrümer	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×	×
18. Pflanzenreste (aus Tafel VII)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	×	×	—	×	×	×	×	×
19. Braunkohle (-ton) (aus Tafel VII)	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	×	—	×	×	—	×

Anmerkungen zu Tab. 2: Die Reihenfolge der Bohrungen entspricht jener bei LEMCKE & a., Tafel VII. In unserer Tab. 2 zeigen die gestrichelten Linien deren B-Grenze an. Den Bestand an Glaukonit und Fossilien haben die Autoren aus geeigneten Stichproben ermittelt. In manchen Schichtfolgen waren sie spärlich vertreten (: 30). Deshalb können Schlüsse aus der Glaukonit- und Fossilführung nur mit einiger Vorsicht gezogen werden (: 30). Die Ostracoden haben LEMCKE & a. in ihrem Fossilregister „nach dem Salzgehalt ihres Lebensraumes angeordnet“ (: 31). Danach seien die Arten Nr. 3 und evtl. 4 brackisch, die Nrn. 5 und 6 brackisch-limnisch und die Nrn. 7–9 limnisch. Die sandige und kalkig-mergelige Abteilung

enthalten Schillagen und zahlreiche Schalentrümmer (: 29, 31), Aichach 1004 auch ein Schalenagglomerat (s. unten). Es dürfte sich wie bei den „Fossiltrümmern“, die in jeder Bohrung und in vielen Teufen registriert sind, vorwiegend um Schalenbruch von Wassermollusken handeln. *Hydrobia* habe ich in die Tabelle eingeschoben. In Scherstetten 1 fanden sich (LEMCKE & a.: Tafel VI; ZOBELEIN 1955: 22) im Bohrkern 387,0–391,3 m (über „B“) außer den brackischen Mollusken *Hydrobia* und *Congeria* die an sich limnischen, aber schwach brackisches Wasser tolerierenden *Bithynia*, *Radix*, *Pseudancylus* und Unioniden, im Kern 391,3–397,0 m *Gyraulus* und *Planorbarius*. Eingeschwemmt waren die Landschnecke *Trichia*, Landschnecken-, Knochen- und Zahnbruchstücke; über und unter diesen Kernen auch die terrestrische *Cepaea*. – *Eucypris* ? *candonaeformis* der Tab. 2 ist nach neuem Befund *Mediocypris candonaeformis*. Sie kommt meist in brackischem Wasser, seltener in Süßwasser vor.

In der oberen kalkig-mergeligen Abteilung und um die B-Grenze ist „Nachweislich schwach (süß-) brackisch“ durch Einfachstriche dort vermerkt, wo *Mediocypris candonaeformis* und/oder brackische Mollusken vorkommen. Die kalkig-mergelige Abteilung „führt eine Fauna, die im klassischen Gebiet der Kirchberger Schichten südlich Ulm für die Übergangszone zwischen dieser vollbrackischen Schichtenfolge und der völlig ausgesüßten OSM charakteristisch ist (Übergangs- oder Bythinien-schichten)“ (: 31). In der kalkig-mergeligen Abteilung deuten Cardien- und Congerien-Reste in Aichach 1005 „auf gelegentlich stärker brackische Verhältnisse. Im allgemeinen wird man aber nur mit ganz schwach brackischem Wasser rechnen dürfen, das wohl öfters mit Süßwasser wechselte“ (: 31). In Aichach 1004 führen fossilreiche graue Mergel und Mergelkalke über dem „Albstein“ in ihrem unteren Teil ein cm-mächtiges Schalenagglomerat. „Nach ihrem gesamten Habitus sind diese Schichten am ehesten mit den vollbrackischen Kirchberger Schichten zu vergleichen, wofür auch der Fund von *Congeria* sp. [im Fossilregister, A5, bei Aichach 1004 nicht genannt; s. unsere Tab. 2] und zahlreichen Fischresten bei der Kernbearbeitung spricht“ (: 32). Auf S. 41 wird der Bereich von Aichach 1004 als „vollbrackische Randzone (Kirchberger Fazies...)“ bezeichnet.

Die Autoren kommen (: 31) im Hinblick auf den Mikrobefund zum Schluß, daß in der Sand-Kalkmergelserie „nirgends vollbrackische Bildungen etwa vom Typ der Kirchberger Schichten s. str. angetroffen wurden. Vielmehr schließt sich an ein fast noch marines Stadium (untere sandige Abt.) ein fast schon süßes (obere kalkig-mergelige Abt.) an, so daß die volle Verbrackung hier übersprungen wird.“

Diskussion zur Sand-Kalkmergelserie: Bei der unteren sandigen Abteilung ist zu vermuten, daß die meist seltenen „Foraminiferen wie in der OMM“ und der Glaukonit verschleppt sind. Liegendes ist ja nach einer Schichtlücke (Nr. 61a) OMM. Fossiltrümmer weisen auch auf Wasserbewegung und wohl Transport hin. Glaukonit entsteht nur in marinem Milieu. Vereinzelt kommen er und „Foraminiferen wie in der OMM“ auch in der unteren Abteilung der bunten Serie vor, deren Entstehung in Süßwasser LEMCKE & a. annehmen. Mögliche Umlagerungen haben schon PAULUS & a. (1964: 39) erwogen und auf brackische Fossilien in ihrer „unteren brackischen Abteilung“ hingewiesen, die sie mit der hiesigen sandigen Abteilung korrelieren.

Nachdem Schichten der kalkig-mergeligen Abteilung „faunistisch am ehesten vollbrackischen Kirchberger Schichten zu vergleichen“ sind bzw. ihnen gleichgestellt werden, wird die volle Verbrackung hier nicht übersprungen. Zu bedenken ist auch, daß in den kleinkalibrigen CF-Kernen und angesichts der in jeder Bohrung, meist sogar in mehreren Lagen übereinander vorkommenden Fossiltrümmer zahlreiche brackische Mollusken nicht erfaßt wurden. Mahnen doch LEMCKE & a. (: 30) zur Vorsicht selbst bei Ausdeutung der Mikrobefunde. Die hier vertretenen Cardien und Congerien kommen in den Kirchberger Typus-Schichten nach KRANZ (1904: Profile) nur in deren tieferem Teil, in den Cardien-, Congerien- und [Unteren] Fisch-Schichten vor. Darin treten mitunter an sich Süßwasser bewohnende Unionaceen auf, deren rezente Vertreter Salztoleranzen von 0,5–3‰ aufweisen. Die rezente *Congeria cochleata*

lebt in Ästuaren optimal bei 3,5–9‰ Salzgehalt. Deckel von *Bithynia* kommen fast in jeder Bohrung über „B“ und öfters mehrfach übereinander vor. Diese Süßwassergattung setzt im Illerprofil sehr spärlich in den Fisch-Schichten ein, um in den schwächer bis schwach brackischen Hydrobien- bzw. tieferen Bithynien-Schichten sowie in den ausgesüßten höheren Bithynien-Schichten und Silvana-Schichten häufig bis sehr häufig aufzutreten. Ihre rezenten Arten vertragen Salzgehalte von 5–6 (8)‰. *Mediocypis candonaeformis*, die unter den Ostracoden-Arten der Bohrungen die häufigste ist, erscheint im Ulmer Gebiet in den Congerien-Schichten und profilaufwärts (s. STRAUB 1952: Tafel 4). – Folgerung: Die kalkigmergelige Abteilung kann faunistisch den Kirchberger Schichten (zugehörig die tieferen Bithynien-Schichten) gleichgestellt werden. Ein (vielleicht mehrfacher) Wechsel von „vollbrackisch“ zu „Nachweisbar schwach (süß-)brackisch“ liegt vor. Die verfügbaren Befunde lassen vermuten, daß die vollbrackischen Profileile weniger kompakt als im Ulmer Gebiet waren. Das wäre durch einen stärkeren Süßwasserzufluß im Süden zu erklären.

Fossilien und Fazies der bunten Serie (nebst Diskussion): Die Autoren unterscheiden (: 35, 40) „bunte fossilfreie Mergel“ unter „B“ und „bunte fossilführende Mergel“ über „B“. „Nachweisbar marin-brackisch(e)“ Kernstrecken fehlen in der bunten Serie (Tafel VII). Die 7 als „Nachweisbar schwach (süß-)brackisch“ markierten Strecken liegen wie zumeist die 7 in der Sand-Kalkmergelserie nahe „B“ und darüber. Fossilführend sind hier wie dort vorwiegend die dunklen Lagen. Die Markierungen beruhen jeweils auf den Funden von *Mediocypis candonaeformis* oder von brackischen Mollusken. – „Fossilfrei“ ist nach Tafel VII und unserer Tab. 2 keine Bohrung der bunten Serie. In jeder finden sich Bithynien-Deckel, öfter mehrmals übereinander, desgleichen Characeen und Fossiltrümmer. Unter „B“ sind sie seltener, doch führen hier von 9 Bohrungen 5 Bithynien-Deckel, 7 Characeen und 7 Fossiltrümmer. Unter „B“ sind keine brackischen Einflüsse nachgewiesen. In Biberach 1001 kommen dort einmal marine Ostracoden und zweimal Glaukonit, in Biberach 1004 dreimal Glaukonit vor. Sie müssen verschwemmt worden sein, da sie als marine Bildungen selbst in den „vollbrackischen“ Kirchberger Schichten nicht heimisch sind (s. STRAUB 1952). Die „bunten fossilfreien Mergel“ sind nach LEMCKE & a. (: 35) mutmaßlich in Süßwasser entstanden. Da die bunte Serie (außer den dunklen Lagen) nicht reduziert wurde, nehme ich jedenfalls eine stärkere Süßwasserzufuhr als in den Bereich der Sand-Kalkmergelserie an. Auch sind in der bunten Serie keine Pflanzenreste und Braunkohlen(-tone) vermerkt.

61. „Albstein“ und „Albsteinandeutungen“. LEMCKE & a. unterscheiden (: 31 f., Tafel VII) 1. Albstein im engeren Sinne (i. e. S.) und 2. und 3. im weiteren Sinne (i. w. S.). Mit 1. bezeichnen sie den typischen Albstein, der vom Bodensee bis um Baltringen auf der Albsteinschwelle ansteht. RUTTE (1955) und NAGELE (1962) haben ihn beschrieben. Er liegt südwestlich außerhalb des Gebietes von LEMCKE & a. Unter 2. nennen sie Mergel und Feinsande in ihren Bohrungen, worin nicht umkrustete Kalkknollen eingespickt sind. Die Knollen können zu praktisch geschlossener Knollenkalklage (= Albstein i. w. S.) zusammenwachsen. Mergel und Sandsteine mit Kalkknollen unter und über dem „eigentlichen Albstein“ bezeichnen die Autoren als Albsteinandeutungen. Sie treten außer als Vor- und Nachphasen des Albsteins auch eigenständig auf, so in Aichach 1006 und Hohenzell 1001 (Tafel VII, 32). 3. Albstein i. w. S. sind auch „Sand- oder Tonmergel, die von weißem Kalkstein schlierig-flatschig durchwachsen sind. Dieser bildet gewissermaßen ein Gerüst, das nach oben zunächst in situ zerbrochen ist und sich schließlich in Knollen wechselnder Größe auflöst“ (: 32). Die Beschaffenheit des Albsteins und der Albsteinandeutungen in einigen Bohrungen beschreiben LEMCKE & a. auf den Seiten 32–34. Als Mächtigkeiten des Albsteins nennen sie 1,2–1,5 m in Aichach 1002 und 1005 (: 32); etwa 2 m in Scherstetten 1 (: 34); 1,0 bzw. 1,6 m in Krumbach 1008 bzw. 1009; als beobachtetes Maximum 4,5 m in Krumbach 1004 (: 33); 1,1 m, 1,8 m und 3 m für die „Albsteinzo-

ne“ in Biberach 1004, 1002 und 1001 (: 34). Weitere Mächtigkeiten ergeben sich aus den Profilen (Tafel VII) und, zum Teil abweichend, aus NÄGELE's Darlegungen (s. unten).

Glaukonit und Fossilien im Albstein: Der Albstein enthält nach LEMCKE & a. in Scherstetten 1 in seinen untersten Teilen Schalenbruchstücke (: 34); in Aichach 1001 einige Bithynien-Deckel (: 33); in Aichach 1002 spärlich Glaukonit und „die schwach brackische Fauna der oberen kalkig-mergeligen Abteilung“ mit *Mediocypis candanæformis* (: 32); in Aichach 1004 Schalenrümmer, in den untersten cm Glaukonit (A 5: „?“) und ganz oben *Planorbarius* (: 32). In Krumbach 1004 enthält der Albstein von 188,0–191,8 m fortlaufend Fossilrümmer und Characeen (Tafel VII, Seite A2). In Aichach 1005 liegt eine Albsteinandeutung in der Strecke 265,0–276,6 m, die in jedem Kern Glaukonit und „Foraminiferen wie in der OMM“ führt (Tafel VII, A6). NÄGELE vermerkt (1962: 61) in Aichach 1002, 240,5–242,3 m „viele Fossilschalenreste und einige kleine Schnecken-schalen“ im Bindemittel, einem hellbräunlichen bis grauen dichten Kalk, und in Aichach 1005, 258,0–258,5 m „viele Fossilschalen“ in einem sandigen Kalk. – Der Mikrobefund spricht also nicht für einen „wahrscheinlich terrestrischen Albstein“, den man als „Krustenkalkbildung“ auffassen kann (LEMCKE 1955: 13 mit Hinweis auf LEMCKE & a. 1953: 32 und RUTTE 1954: 145). Diese abweichende Auffassung wird durch das Folgende erhärtet.

NÄGELE's Befunde über den Albstein in Bohrungen (1962): NÄGELE (: 45) konnte Kernmaterial unter anderem aus den CF-Bohrungen im Arbeitsgebiet LEMCKE's & a. untersuchen. Unter dem Begriff „Albsteinhorizont“ versteht er (: 58²) diejenigen Sedimente, die teils typischen (anstehenden) Albstein, teils „albsteinähnliches Material“ (so in Bohrungen) führen.

NÄGELE beschreibt (: 59) in Biberach 1001 „Albstein i. w. S.“ bei 199,8–198,2 m, desgleichen in Biberach 1002 bei 284,3–283,5 m und in Biberach 1004 den „Albsteinhorizont“ bei 483,8–482,4 m. „Mit dem typischen Albstein der Tagesaufschlüsse besteht eine gewisse Ähnlichkeit“, indem Kalkknollen (= Kerne) einem Bindemittel eingestreut sind; „sonstige Albsteinmerkmale fehlen jedoch“. – Von den Krumbacher Bohrungen hat NÄGELE (: 60) 1004 und 1008 als Beispiele ausgewählt. In 1004 geben LEMCKE & a. (: 33) die größte bisher beobachtete Mächtigkeit von 4,5 m an. NÄGELE beschreibt bei 188,7–187,2 m dichte, rostrote, schleifbare Kalke in Mergeln und Staubsandsteinen. Liegendes sind bis 192,4 m grünlichgrauer Staubsandstein und Sandmergel. Krumbach 1008 führt bei 243–242 m gelblichweißen Kalk. Die Kalke der Krumbacher Bohrungen „sind albsteinähnlich, sie können also ebenso wie der Albstein entstanden sein“. – In Aichach 1001 fehlt im Albsteinhorizont harter Kalk. „Dort tritt Albstein i. w. S. in Form von eintönigen, sandigen Kalkmergeln auf“ (: 60). (Der „Albstein“ liegt auf der Tafel VII von LEMCKE & a. bei ca. 156,8–155,9 m.) Aichach 1002 weist bei 242,3–240,5 m Mergelkalke und harte Kalke auf. In Aichach 1005 liegt bei 258,5–258,0 m sandiger Kalk mit Fossilschalenresten, der seitlich in Feinsand übergeht. Darüber folgt von 258,0–257,9 m Kalk (: 61). In Aichach 1004 erscheint der Albsteinhorizont bei 196,0–195,5 m als kalkiger Sandstein, der seitlich und nach oben mit einem mergeligen bis sandigen, ziemlich homogenen Kalk verzahnt ist. Von 195,5–194,8 m folgt Fein- bis Staubsand. „Gegen oben stellt sich ein dichter, homogener, fast weißlicher Mergel ein.“ „Nach 80 cm tritt ein dichter, homogener, harter, blaugrauer bis schwarzer Kalk auf“ (: 62) (vgl. LEMCKE & a.: 32; unsere S. 229). Bei den Kalken dieser Aichacher Bohrungen „ist eine Übereinstimmung mit dem eigentlichen Albstein nicht zu bemerken“ (: 61–62). Auch in Aichach 1006 und Hohenzell 1001 treten keine albsteinähnlichen Bildungen mehr auf (: 62).

NÄGELE's Folgerungen besagen, daß der typische Albstein in den CF-Bohrungen fehlt (: 44, 111). „Man wird annehmen dürfen, daß die albsteinähnlichen Teile in den Biberacher Bohrungen ... im Sediment entstanden, das damals in der Nähe der Landoberfläche lag“ (: 66–67, 44, 111). „Die Kalke der Krumbacher Bohrungen sind am albsteinähnlichsten.“ „Da diese alle sehr nahe am Südrand der Albsteinschwelle“ LEMCKE's & a. liegen, ist mit ähnlichen geographischen und genetischen Verhältnissen wie beim typischen Albstein zu rechnen (: 67). [Dagegen spricht aber, daß die von NÄGELE ausgewählte Bohrung Krumbach 1004 von 180,0 m (B-Grenze) bis 191,8 m (0,6 m über der OMM) in allen Kernen Fossilrümmer und Characeen führt; s. LEMCKE & a.: A2.] „Am wenigsten gleichen dem Albstein die Sedimente der Aichacher CF-Bohrungen, obwohl letztere zum Teil noch auf der Albsteinschwelle gelegen sind.“ Wahr-

scheinlich sind die löcherigen Kalke des Albsteinhorizontes unter Wasserbedeckung entstanden, was durch Funde von Süß- und Brackwasserfossilien bekräftigt wird (: 66, 111). – „Sichere Anzeichen für eine Sedimentationsunterbrechung konnten nicht erkannt werden“ (: 66).

Stratigraphische Stellung des Albsteins nach LEMCKE & a.: Laut deren Aussage (: 32) ist „Diesen verschiedenen Albsteintypen [s.: 229] ... gemeinsam, daß sie im Molasseprofil auf eine geringmächtige Zone unmittelbar oder dicht über der Oberkante der OMM beschränkt sind“. Bis zum Beweis des Gegenteils darf der Albstein entsprechend den algerischen Krustenkalken wohl als Anzeichen für eine Exposition und Sedimentationsunterbrechung aufgefaßt werden (: 32, 33, 39, 42). – Innerhalb der Sand-Kalkmergelschicht zeigen die Bohrungen Aichach 1009, 1007a und 1008 keine Albsteinandeutungen, weshalb die Autoren ihre „Albsteinschwelle“ westlich davon enden lassen (Tafel VII). Albsteinandeutungen sind in Aichach 1006 am Rand der Albsteinschwelle und in Hohenzell 1001 außerhalb derselben vermerkt. Bei den restlichen Bohrungen dieser Serie (Aichach 1004 bis 1001) fallen der Albstein wie vorher schon die Albsteinandeutungen mit der B-Grenze zusammen. Innerhalb der bunten Serie, wo die Bohrungen mit Ausnahme der randnahen Krumbach 1006 südlich der Albsteinschwelle liegen, erscheint der Albstein in verschiedenen Teufen unter „B“, in Krumbach 1006 bei „B“. In den Biberacher Bohrungen sind die Mächtigkeiten zwischen dem Albstein und „B“ um so größer, je südlicher die Bohrung von der Albsteinschwelle liegt (: 35, Tafel VII Legende zur Lageskizze). – „Da der Albstein als Anzeichen für Sedimentationsunterbrechung aufgefaßt werden darf, stellt sich die Frage, ob und wie diese in den Mächtigkeiten (vom Verf. gesperrt) der betreffenden Schichtenfolgen zum Ausdruck kommt“ (: 33). Das Mächtigkeitsverhältnis der unteren sandigen Abteilung zur Gesamtmächtigkeit östlich Aichach ist prozentual größer als in Aichach 1002 und 1004. „Demnach scheint die Albsteinbildung auf Kosten dieser [sandigen] Abteilung zu gehen.“ „Der Albstein selbst würde trotz seiner geringen Mächtigkeit von nur 1 m die untere sandige Abteilung repräsentieren.“

Diskussion zur stratigraphischen Stellung des „Albsteins“:

Der „Albstein“ liegt nicht wie der typische Albstein im Bereich der eigentlichen Albsteinschwelle bzw. deren nordöstlicher Fortsetzung, sondern südöstlich davon (s. unsere S. 222). Der typische Albstein geht aus den OMM-Deckschichten bzw. aus den Helicidenschichten/Übergangsschichten hervor, wogegen der „Albstein“ im Bereich der bunten Serie und in Aichach 1001 über einer Schichtlücke folgt (s. Nrn. 61a, 63). Im Bereich der Sand-Kalkmergelschicht liegt er innerhalb dieser Serie. Über dem typischen Albstein folgt der junghelvetisch-altortonale Hiatus, indes der „Albstein“ in den 18 Bohrprofilen von einem teils mächtigen Paket brackisch-limnischer Sedimente überdeckt wird, das in die OSM übergeht. Der „Albstein“ ist also jünger als der typische Albstein.

Korrelierung der SBM-Einheiten durch LEMCKE & a.

Die Autoren betrachten (: 33, Tafel VII) die über „B“ und dem Albstein liegende mergelige Schichtfolge in Aichach 1001 als Entsprechung der oberen kalkig-mergeligen Abteilung. Der 1 m mächtige Albstein würde die untere sandige Abteilung repräsentieren. Schon in Aichach 1002 und 1004 „scheint die Albsteinbildung im wesentlichen auf Kosten dieser Abteilung zu gehen“. In den Krumbacher Bohrungen entspricht die rötlich-violett-bunte Serie über dem Albstein (also unter und über „B“) nach Mikrofauna und Mächtigkeiten der kalkig-mergeligen Abteilung (über „B“) (: 33). Die bunten Mergel im untersten Profileil von Krumbach 1010 und Marktwald 1001 (s. Tafel II) sind mit Sicherheit der bunten Serie über dem Albstein in den Krumbacher Bohrungen gleichzusetzen (: 33–34). Die unmittelbare Bestätigung liefert Scherstetten 1, deren „mindestens 45 m mächtige Serie von bunten Mergeln“ (also die gesamte Se-

rie, unter + über „B“) den entsprechenden Schichten von Aichach 1001 und der oberen kalkig-mergeligen Abteilung um Augsburg-Aichach (beide über „B“) gleichzusetzen sind (: 34). Die Biberacher Bohrungen mit ihrer „fossilreiche(n), zum Teil sicher schwach brackische(n) Zone“ sind in ihrer Gesamtausbildung an die Entwicklung im Raum Krumbach-Scherstetten anzuschließen (: 35). – Die Fein- und Staubsande unter dem Albstein der bunten Serie in Biberach 1001 und 1022 (mit je einem Vorkommen von seltenem Glaukonit) sowie in Krumbach 1008 und 1009 deuten nach LEMCKE & a. (: 33, 34) „anscheinend“ die untere sandige Abteilung an bzw. vertreten sie (Tafel VII). Sie bilden demnach hier den tiefsten Teil der SBM.

Schlußfolgerung der Autoren (: 35): „Die bunten fossilführenden Mergel zwischen dem Illertal und Scherstetten, die obere kalkig-mergelige Abteilung um Augsburg-Aichach und die Bythinienschichten von Kirchberg sind zwar in ihrer Gesteinsausbildung verschieden, durch ihre schwach brackischen Einschlüsse faunistisch aber sehr ähnlich und beenden zudem jeweils für ihren Faziesbereich eine Schichtenfolge, die überall auf der Oberen Meeresmolasse liegt und vom Hangenden deutlich geschieden ist. Es darf daher angenommen werden, daß sie sich auch zeitlich entsprechen“ (Satz gesperrt).

Diskussion zur Korrelierung der SBM-Abteilungen/Serien: Die Kirchberger Bithynien-Schichten beenden nicht eine Schichtfolge, die auf der OMM liegt. Diese ist in der Graupensandrinne entfernt worden, so daß die Rinnenfüllung auf USM und zum Teil auf Weißjura liegt. LEMCKE & a. korrelieren die gesamte bunte Serie mit der oberen kalkig-mergeligen Abteilung der Sand-Kalkmergelserie. Als Äquivalente von deren unterer sandiger Abteilung (max. 34 m) betrachten sie ihren Albstein samt einigen schwächtigen Fein- und Staubsandvorkommen darunter. Nachdem die Autoren aber die B-Grenze als Zeitmarke erklären und die Bohrungen durch die SBM daran einhängen (Tafel VII), wird die bunte Serie ebenso wie die Sand-Kalkmergelserie durch „B“ zweigeteilt. Dann entspricht die untere sandige Abteilung einer unteren bunten Abteilung und die obere kalkig-mergelige Abteilung einer oberen bunten Abteilung. Die Sohle der unteren sandigen Abteilung liegt ohne Albstein, jene der unteren bunten Abteilung zumeist mit Albstein, beide nach einer Schichtlücke (Nrn. 61a, 63), auf OMM.

Paläogeographie nach LEMCKE & a. (1953: 39 f., Tafel VII)

„Zwischen Iller und Lech (vom Verf. gesperrt) wird die marine Sedimentation ohne erkennbare Einschaltung eines brackischen Stadiums durch den terrestrischen Albstein abgelöst, der auf Exposition deuten läßt.“ Aufgrund der OMM-Profile (: 26 Abb. 4) kann man annehmen, daß im nördlichen Streifen das Meer durch Heraushebung des Meeresbodens etwa gleichzeitig verdrängt wurde. Die danach einsetzende Albsteinbildung erreichte im Krumbacher Gebiet größte Mächtigkeit und Geschlossenheit. Die Autoren nehmen daher an, daß die Albsteinbildung und Exposition im S und SW früher endete, die Albsteinoberkante in N-S-Richtung also nicht altersgleich ist (: 39). In eine wohl parallel zum Alpenrand gebildete Senke wurde GSA₁-Material durch Alpenflüsse geschüttet, welches den im Anfangsstadium befindlichen Albstein zudeckte. In der rasch nach N sich ausweitenden Senke wurde „die bunte, fossilfreie Mergelserie zwischen Albstein und brackischem Einschlag“ [das ist die untere Abteilung der bunten Serie] abgelagert. Der Fortgang der Albsteinbildung auf einem schmalen Streifen im N trennte die Graupensandrinne, „die wohl kurz nach der OMM-Regression entstand“, vom südlichen Ablagerungsgebiet. Der Scheitel der Albsteinschwelle lag etwa auf der Linie Krumbach 1006 – Aichach 1001 (: 40). Seite 41: Auf dieser Kulmination endet die Albsteinbildung an der „Zeitmarke B“, die „weiter im S die GSA₁-Schüttung abschließt“. „So entspricht der auf dem Scheitel der Schwelle gebildete Albstein nach S hin zeitlich einer in gleicher Richtung immer mächtiger werdenden Schichtenfolge zwischen B und OMM-Oberkante, die zuunterst aus schwächerem Albstein, darüber aus GSA₁-Ablagerungen besteht.“ Ihre Mächtigkeit ist offenbar ein Maß für die relative Absenkung der südlichen Depression gegenüber dem Endzustand der Albsteinschwelle. Für limnische Sedimentation größeren Umfangs fanden sich S der

Schwelle keine sicheren Anzeichen. Wahrscheinlich bestand dort ein weit verzweigtes, ‚diffuses‘ Flußsystem mit sehr geringem Gefälle, das ‚Überflutungssedimente‘ abgelagerte. Die Graupensandrinne wird als Vorfluter für südliche Zuflüsse gedient haben, welche die sehr flache, topographisch uneinheitliche Albsteinschwelle querten, so nach KIDERLEN's Angaben zu schließen S Ulm und Binzwangen (vgl. LEMCKE & a.: 40 Abb. 6).

Im Gebiet östlich Augsburg, also etwa östlich des Lechs, kommt das Ende der marinen Phase in einer schwachen Verbrackung des weiterhin bestehenden Meeres zum Ausdruck. „Möglicherweise ist diese Geringfügigkeit des brackischen Einflusses darauf zurückzuführen, daß hier ein küstenferneres Gebiet vorlag, dem sich nach N eine vollbrackische Randzone anschloß (Kirchberger Fazies in der beckenrand nächsten Bohrung Aichach CF 1004).“ „Aus ihr mag dann jene von KIDERLEN (1931) ... angenommene Ingression in die Graupensandrinne erfolgt sein“ (: 41).

„Die Scheidung der Faziesgebiete östlich und westlich des Lechs (vom Verf. gesperrt) konnte auf die Dauer nicht erhalten bleiben.“ Die Albsteinschwelle „mußte vielmehr ihren Charakter als relatives, äußerst flaches Hochgebiet mit der Zeit verlieren und schließlich zunächst in das Niveau des südlichen Ablagerungsgebietes gelangen, für das die Graupensandrinne – und somit das Oncophorameer – weiterhin die Erosionsbasis bildete“ (: 42). „Zwischen dem Meer der Kirchberger bzw. Oncophoraschichten mit seiner GE-Sedimentation und der GSA₁-Zufuhr von S her entwickelte sich eine Gleichgewichtslage (Abb. 8)“ (: 43). „So konnte das brackische Wasser aus der Graupensandrinne und dem Oncophorameer über die versunkene Albsteinschwelle hinweg bis mindestens zur Linie Biberach CF 1004 – Scherstetten I vordringen.“ Anscheinend regionale Einflüsse führten „zu einem allgemeinen Abklingen der brackischen Sedimentation, womit der in der Graupensandrinne (Bythinienschichten!) und östlich des Lechs (Obere kalkig-mergelige Ablg.) an der B-Grenze erfolgende rasche Umschlag in das süß-brackische Milieu wenigstens teilweise zusammenhängen dürfte“. Das von S herangeführte Süßwasser verstärkte die Aussüßung. „Unter weiterer Aussüßung ging schließlich im ganzen Arbeitsgebiet die SBM fließend ... in die Obere Süßwassermolasse über. Damit endigt hier die Regressionsphase der OMM“ (: 44).

Diskussion zur Paläogeographie

Zur Zeit des Graupensandflusses (der Grimmelfinger Schichten) lag beiderseits der Graupensandrinne Festland vor. Das OMM-Meer war bereits vor der Bildung des typischen Albsteins auf der nordwestlichen und südöstlichen Albsteinfläche des SW verdrängt worden. Auch hat der Fluß sein Bett nicht etwa in eine im S gelegene Depression verlegt. Infolge tektonischer Absenkung der Rinne drang das Brackmeer in diese ein und führte zur Ablagerung der Kirchberger Schichten. Südlich der Rinne war noch Festland. Das beweisen die „Flußsande“ am Südrand der Rinne im Illergebiet. Sie gehen über ein Delta mit unzähligen Paludinen (die Paludinen-Schichten) rinnenwärts in die brackischen Cardien-Schichten über (s. KRANZ 1904: 531, 532 Fig. 4; KIDERLEN 1931: 304 Abb. 10, 309 f.). Falls hier schon eine Albsteinschwelle am SE-Rand der Rinne bestand, wurde sie wie bei Binzwangen (s. KIDERLEN) durchbrochen. Nachfolgend wurde das südöstliche Vorland der Graupensandrinne (und der Albsteinschwelle?) in die Absenkung unter den Meeresspiegel einbezogen. In die Depression, das Arbeitsgebiet LEMCKE's & a., strömte nun ebenfalls Brackwasser bis zur gleichen Spiegelhöhe (0 m) ein. Deren Sedimente sind also ein wenig jünger als jene in der Rinne (Differenz im 6.–8. Profil nicht dargestellt). Ein größerer Materialtransport zwischen der Graupensandrinne und der südlich davon gelegenen Depression fand mangels Gefälle nicht statt. Die Faunen beider Ablagerungen sind ähnlich. Ein Überspringen der brackischen Fazies liegt in der Sand-Kalkmergelfazies und der bunten Fazies nicht vor. Der Depression stand zumindest südlich Scherstetten ein Hochgebiet gegenüber. Von dort floß Süßwasser zu, das die Landschnecken und Säugerreste in die brackisch-limni-

schen Sedimente der Depression einschwemmte. Ob eine Albsteinschwelle in Verlängerung jener des SW unmittelbar neben der Graupensandrinne bestand, könnten evtl. Bohrungen erhehlen.

Der Albstein der Autoren, sowohl jener innerhalb der SBM wie der an der Sohle, ist ausweislich seiner Beschaffenheit und Fossilführung im Wasser entstanden. Er zeigt daher auch keine Exposition und Sedimentationsunterbrechung an. Seine unterschiedliche Höhenlage kann teils auf dem Relief der OMM (s. LEMCKE & a.: 26 Abb. 4) und auf synd sedimentärer Absenkung beruhen, deren Wirken die Autoren auch annehmen (: 2, 40, 41, 43, 93), vielleicht auch auf örtlicher Tektonik. Altersmäßig ist der Albstein mit dem Eindringen von Brackwasser in die Depression bzw. von mehr Süßwasser in deren südwestlichen „bunten“ Bereich verknüpft und daher jünger als der typische Albstein. Die Kalkzufuhr ist nicht über die Graupensandrinne hinweg, sondern von S erfolgt. Dabei entstanden auch „Kalksteinbänke“ ohne Albsteincharakter, die in der Sand-Kalkmergelserie ziemlich häufig und teils mächtiger als der Albstein sind (Tafel VII).

LEMCKE nimmt einen nochmaligen Meeresvorstoß von der Nordostschweiz in die Graupensandrinne im Ober-Helvet an (1972: 29, 35 Abb. 6; 1984: 382 Abb. 6, 393). Dem steht entgegen, daß sich die Grimmelfinger und Kirchberger Schichten bei Schaffhausen mit der OMM verzahnen. Zudem ist dort die Zahl der brackischen Arten viel geringer als bei Ulm (PFANNENSTIEL 1931). Wie der Verf. nehmen auch BÜCHI & SCHLANKE (1977: 67) eine Schüttung von E an: „Zeitweise gelangten sogar die für den pannonischen Raum typischen Oncophora-Schichten im Gebiet des Kantons Schaffhausen zur Ablagerung“ (s. dazu unsere S. 238). Aus der Graupensandrinne heraus wäre nach LEMCKE & a. (1953: 38, 44) und LEMCKE (wie oben) das Brackwasser schließlich in das südliche Vorland übergetreten. Die Graupensandrinne wurde aber erst im Alt-Torton durch OSM-Schichten vollends aufgefüllt (ZÖBELEIN 1983: 60 f.). Außerdem stehen den höchstens 25 m Kirchberger samt Bithynien-Schichten an der Iller (KRANZ 1904: 529–531, 532 Fig. 4) in Aichach 1005 ca. 65 m und in Biberach 1004 ca. 76 m brackisch-limnische Schichten gegenüber. Diese Mächtigkeiten setzen synd sedimentäre Absenkungen voraus. Schließlich wurde vom Brackwasservorstoß auch Oberbayern bis zur Salzach erfaßt (s. SCHLICKUM 1970a–c; 1971: 573). Er kann also nur von Osten gekommen sein. Hinweise auf Schüttungen in die Graupensandrinne von Osten liefern die Darlegungen von LEMCKE & a. (: 40–43, Abb. 6–8, GESchüttung) und FÜCHTBAUER (1967: 288 Abb. 11/4, 290).

LEMCKE's Stellungnahme

Herr Prof. Dr. K. LEMCKE hat nach Zusendung meiner Darlegungen zum 6.–8. Profil brieflich u. a. mitgeteilt, daß er westlich des Lechs auch weiterhin folgende ungefähre Verknüpfung der SBM-Sedimente für wahrscheinlich hält:

Stufe	Bunter Südbereich	Albsteinschwelle	Graupensandrinne
Höchstes Ott nang und/oder Karpat	Brackwasservorstoß N–S Ob. Teil der bunten Mergelserie	Oberer Teil des Albsteins	Kirchberger Schichten
Ober-Ott nang	Unt. Teil d. bunten Mergelserie Früher Albstein	Unterer Teil des Albsteins	Graupensande (Grimmelf. Sch.)
Transgression	bzw. A.-Andeutungen		
	Liegendes:	O M M	USM od. Malm (im Bodenseegebiet auch OMM)

Herr LEMCKE hat seine in der Literatur mehrfach geäußerte Meinung über die Transgression des Brackmeeres der Kirchberger Schichten von W her nicht geändert. (Das Oncophora-Meer Niederbayerns betrachtet er hingegen bis zum ‚Aussüßungshorizont‘ als aussüßenden Rest des zur Schweiz zurückweichenden OMM-Meeres.)

61a. Das Relief der OMM-Oberfläche (s. LEMCKE & a.: 26 Abb. 4) bezeugt eine Schichtlücke gegen die überlagernde SBM (s. Nr. 63). Auf diese auch anderwärts vorhandene Schichtlücke zwischen OMM und SBM verweist LEMCKE (1972: 30, 32³, 36–37).

62. Gliederung der Oberen Meeresmolasse: Im Gebiet LEMCKE's & a. (: 20f., Taf. I, II) wurde die OMM von 11 CF-Bohrungen und von Scherstetten 1 durchteuft (: 26 Abb. 4, Tafel VI) und von weiteren 6 CF-Bohrungen erreicht. Zusammen mit älteren Angaben über Anstehendes um Biberach und der alten Bohrung Ochsenhausen 1 ergibt sich eine Gliederung in 2 Zyklen, entsprechend jener im SW und ähnlich jener KIDERLEN's (1931). Der I. Zyklus umfaßt (profilaufwärts) die „Basisschichten“ und die „Sandmergelserie“ (: 21–22), der II. Zyklus den „Baltringer Horizont“ und die „Feinsandserie“ (: 22–24). GALL hat (1975) einen III. Zyklus am Südrand der Schwäbisch-Fränkischen Alb ermittelt, der auch im Molassebecken innerhalb der Feinsandserie LEMCKE's & a. zu belegen sei (: 179, 199f.). Er bezieht sich dabei auf folgende Angaben LEMCKE's & a. (: 24): In Aichach 1004 erscheint 24 m über dem Baltringer Horizont (243,1 m: 103), also in 219,1 m Teufe „eine Feinsandbank mit Schalenrümern und etwa 6 m über ihr eine 0,2 m mächtige Kornvergrößerung, ebenfalls mit Schalenresten“. „In Hohenzell CF 1001 liegt 43 m über dem Baltringer Horizont [409,5 m, : 104] eine 8 cm mächtige Sandmergelbank mit Schalenrümern, in Biberach 1001 findet sich 13,7 m über dem Baltringer Horizont [226,7 m, : 101] eine 10 cm mächtige Staubsandbank mit spärlichen Fossilresten. Im übrigen ist die Schichtenfolge frei von Makrofossilien“, abgesehen von unregelmäßig in die Sande eingestreuten, ganz unbedeutenden kohligen Pflanzenresten. GALL betrachtet die „Grob-sedimente“ in den 3 Bohrungen als Basis des III. Zyklus; weitere Hinweise standen ihm nicht zur Verfügung. Ich habe die Grenzen der 3 Zyklen in Tab. 1 schematisch vermerkt.

63. Feinsandserie haben LEMCKE & a. (: 24) die Deckschichten KIDERLEN's benannt (s. I. Prof., Nr. 11). Die Mächtigkeit der stets kalkhaltigen, glaukonitischen Fein- und Staubsande mit ihren untergeordneten Sandmergelbänken schwankt zwischen 13,8 und 50,7 m. „In sämtlichen Bohrungen war die ganze Feinsandserie sogar auffallend reich an Glaukonit und enthielt eine, wenn auch verarmte, marine Mikrofauna.“

Diskussion: Man darf annehmen, daß das ausgehende Molassemeer seinen Untergrund ziemlich nivelliert hatte. Da die Bohrungen Mächtigkeitsdifferenzen der OMM über der Sohle des „Baltringer Horizonts“ von (50,7–13,8) 36,9 m aufzeigen, muß die Feinsandserie bei und nach der Heraushebung des Meeresbodens örtlich verschieden stark abgetragen worden sein. Eine kräftige Abtragung jüngster OMM-Sedimente hatte auch GALL (1975: 182, 183, 195, 203) auf dem Jura-Südrand und im nördlichen Molassebecken abgeleitet, bezüglich des letzteren auch Hinweise anderer Autoren auf Verwitterung und Abtragung zitiert (: 203)⁴).

⁴) Einige Autoren haben Materialtransporte durch „Gezeitenstöße“, also Ebbe und Flut und „Watten“ im Molassemeer angenommen. HULSEMAN's dahingehende Ausdeutungen (1955) treffen nur für Küstengebiete von Ozeanen zu. In der Ostsee und im Mittelmeer sind die Gezeiten minimal. Im relativ kleinen, flachen, gekrümmten und am E- und W-Ende verengten süddeutsch-schweizerischen Molassemeer haben sie meines Erachtens gefehlt. Weite Materialtransporte beruhen auf Krustenbewegungen, wie aus den Darlegungen von LEMCKE & a. (: 80, 95), FUCHTBAUER (1954a) und F. HOFMANN („Kippungen“, 1967: 193; 1976: 6–7) erhellt. In der OMM können Niveauveränderungen und damit Materialumlagerungen durch Gebietstektonik bewirkt worden sein (vgl. GALL 1975: 202 Abb. 4). F. HOFMANN rechnet mit Sturzfluten, WERNER (1975b: 28) u. a. mit küstenparallelen Meeresströmungen. Auch an Sturmfluten wie in der Ostsee ist zu denken.

64. Baltringer Schichten und deren basaler Baltringer Horizont wurden im 4. Profil Nr. 41 definiert. LEMCKE & a. beschreiben (: 22–23) das Schichtpaket als „Baltringer Horizont“ und betrachten (: 25) dessen Sohle als Zeitmarke.
65. Über die Sandmergelserie siehe LEMCKE & a. (: 21–22).
66. Die Basisschichten (LEMCKE & a.: 21) sind noch 50–60 km von der Klifflinie entfernt in Scherstetten 1 nachgewiesen. Sie liegen auf einem Relief der USM (s.: 26 Abb. 4; Nr. 67) und sind tiefes Helvet (Nr. 4, 5).
67. Aquitan/Chatt, Untere Süßwassermolasse, wurden in einigen Bohrungen angetroffen, in Scherstetten 1 auch Untere Brackwassermolasse (s. LEMCKE & a.: 17 f., Taf. I, II, VI; betreffs Scherstetten 1 auch *Geologica Bavarica*, 24, 1955). Ob die Bausteinschichten in Scherstetten 1 chattisch oder rupelisch sind, ist nicht geklärt⁵⁾.

9. Profil (Nrn. 68–80)

68. Das Gebiet des 9. Profils liegt in der mittleren Vorlandmolasse, und zwar im Bereich von DEHM's jüngerer Serie (siehe Molassekarte). Es steht nur die obere Serie der OSM an (s. Kt.). Die übrigen Angaben von PAULUS & a. (1964, besonders: 24–25 Tab. 3, 41 Tab. 4) beruhen auf Bohrprofilen (Beil. 1, 2 mit Lageplan). Von besonderem Interesse sind die Korrelierungen der Autoren mit der westlichen Vorlandmolasse (unserem 6.–8. Profil), mit jener Ostniederbayerns sowie mit der Subalpinen Molasse.
69. Die Obere Süßwassermolasse (OSM) unterteilen PAULUS & a. (: 24 Tab. 3, 45 Abb. 2) in eine „Obere und Mittlere Serie“ und in eine „Untere Serie“, die (: 44, 43) als „obere Abteilung“ und „untere Abteilung“ beschrieben werden. Die Dreiteilung ABEL's & a. (1955: 46 f.) im Gebiet W und E des Lechs läßt sich wiedererkennen (: 45). Die obere Abteilung (= Mittlere + Obere Serie ABEL's & a.) führt sehr selten Kalkstein- und Mergelbänke (: 44–45, Beil. 2;

⁵⁾ Das Echelsbacher Flöz bildet in der Subalpinen Molasse an der Ammer die Grenze zwischen den Bausteinschichten und der überlagernden USM (ZÖBELEIN 1962). Im Flözbereich kurz oberstrom der Echelsbacher Brücke fand ZÖBELEIN (1952: 21) Deckel und Schalenbruchstücke von *Pomatias antiquum*, limnische Schnecken und Kleinsäugerzähne. *Pomatias antiquum*, kleiner als die typische Form des Chatt, aus den Pomatias-Süßwasserkalken des Ries-Vorlandes stellt E. D. MÖLLER (1972: 96, 145, 171, Tab. 8) in das „Obere Mitteloligozän („Antoingt“)“, die Fundschicht „etwa an die Wende Mittel-/Oberoligozän“. SCHWERD verweist (1978: 11–12) auf Landschneckenfunde in den Bausteinschichten des Allgäus, Vorarlbergs und deren Äquivalent in der Schweiz, woraus ZÖBELEIN auf die Präsenz von Chatt geschlossen hat. SCHWERD nennt auch Befunde über Mollusken und Ostracoden im östlichen Oberbayern, die für rupelische und chattische Bausteinschichten sprechen. Ostracoden und Nannoplanktonen im mittleren Teil der Bausteinschichten von Kranzegg am Grönten (N Sonthofen, Allgäu) sind laut HAGN & a. (1981: 287–289) aus dem „tieferen Teil des Unteren Eger“ = „Unteres Chatt“ bekannt. SCHMIDT-KITTLER bestimmte 2 Zähne aus dem Echelsbacher Flözbereich als *Suevoscirus ebingeri* DEHM und leitete daraus rupelisches Alter der obersten Bausteinschichten ab (1971: 9 Abb. 1 Nr. 25, 44–46, 121–123, Tab. 8). Denn die Art ist aus 3 süddeutschen Spaltenfüllungen bekannt, deren Faunen SCHMIDT-KITTLER wie die dort genannten Autoren in das Rupel, höhere Mitteloligozän, das säugetierpaläontologische Antoingt einstuft. FAHLBUSCH (1976: 165) zufolge fällt das Antoingt aber in das bisherige tiefe Chatt. Selbst wenn die Bausteinschichten im W etwas früher als im E geschüttet wurden, wie SCHMIDT-KITTLER (: 122, 123) zitiert, können die höchsten Bausteinschichten bei Echelsbach in Anbetracht von nur 50 km Entfernung von Kranzegg im Chatt verbleiben.

vgl. 10. Profil). – Als Alter der OSM geben die Autoren nach DEHM (1955) und wie ABEL & a. Torton bis Unterpont an (: 13 Tab. 2, 24 Tab. 3, 43, Beil. 2). Auf die zeitlich differierenden Serienabgrenzungen bei DEHM und ABEL & a. habe ich (1983: 167) verwiesen. Zum tortonen Teil der OSM stellen PAULUS & a. (: 41 Tab. 4) den Top ihrer Süßbrackwassermolasse und der Limnischen Süßwasserschichten Ostniederbayerns. Allgemeines darüber s. 11. Profil, Nrn. 116–119.

70. Ob die A-Grenze LEMCKE's & a. (1953; s. 6.–8. Profil Nr. 53) auch hier erkennbar ist, konnten PAULUS & a. mangels geeigneten Bohrgutes nicht entscheiden.

71. Innerhalb der Süßbrackwassermolasse (SBM; :36, 41 Tab. 4, Beil. 2) bildet die Sohle des

72. „Süßwasserkalks“ (Nr. 72), einer ca. 2 m dicken Kalkmergelbank, in den Bohrungen die Grenze zwischen der

73. oberen limnischen Abteilung (Nr. 73) und der

74. unteren brackischen Abteilung (Nr. 74) (: 38, 37). Die Autoren vergleichen die Glieder der SBM mit jenen des 8. Profils. Bei der Korrelierung mit der weniger ausgesüßten SBM Ostniederbayerns stellen sie einander gegenüber: Die untere brackische Abteilung den unteren Teilen der Oncophora-Schichten; den Süßwasserkalk dem Aussüßungshorizont; die obere Limnische Abteilung den Schillsanden, Unio-Sanden und den Limnischen Süßwasserschichten. Die Oncophora-Schichten lassen sie mit den Unio-Sanden enden. – PAULUS & a. nehmen (: 40) an, daß die „im Westen an der Wende von der unteren zur oberen Abteilung plötzlich erfolgte, weitverbreitete vollständige Aussüßung in abgeschwächtem Maß auch in Ostniederbayern wirksam gewesen sein muß“. Denn „in dem erwarteten Niveau liegt dort der sog. Aussüßungshorizont“. Dieser Horizont, dem „SCHLICKUM 1964: 45... nur eine lokale Bedeutung“ zuzuschreiben, verdankt nach Meinung von PAULUS & a. „seine Entstehung einem weiträumig zur Auswirkung gekommenen Ereignis und wird also als Zeitmarke gewertet“.

75. ZIMMERLE beschreibt (in PAULUS & a.: 47f.) einen 15–25 cm mächtigen „Albsteinhorizont“. Er liegt in der oberen limnischen Abteilung der SBM, in Plieninger 102 auf 370 m, in Plieninger 104 auf 378 m und somit 13 bzw. 17 m über dem Süßwasserkalk (s. Beil. 2). Er führt „albsteinähnliche Knollen“, die ZIMMERLE mit den „Albsteinandeutungen“ LEMCKE's & a. (1953: 32) und den „albsteinähnlichen“ Bildungen NÄGELE's (1959: 15; auch 1962: 58 f.) vergleicht. Die Plieninger „Albsteinandeutungen“ nehmen zufolge der Korrelierung von PAULUS & a. (: 38) eine ähnliche stratigraphische Stellung ein, liegen aber profilmäßig 10 m höher als in den Bohrungen Aichach usw.

Diskussion zu den Nrn. 74 und 75: Die erwähnte Aussüßung ist im Gebiet LEMCKE's & a. nicht so plötzlich erfolgt (s. 6.–8. Profil: 228). Die „albsteinähnlichen Knollen“ in den Plieninger Bohrungen sind wie die stratigraphisch ähnlich lagernden „Albsteinandeutungen“ in den Bohrungen Aichach CF 1002–1006 (in Aichach 1008 und 1009 fehlen sie) wahrscheinlich Algenkalkknollen. Sie führen auch Pseudooide und liefern deshalb wie diese keinen Hinweis auf einen „fossilen Exsudationskalk“ und eine „Sedimentationsunterbrechung“. Letztere fand auch NÄGELE (1962: 66) nicht in den Bohrungen LEMCKE's & a.. Weiteres siehe bei Nr. 77.

76. Die B-Grenze LEMCKE's & a. (1953: 38; s. Nr. 54) legen PAULUS & a. (: 40) entsprechend ihrer Lage in Aichach 1009 in den Grenzbereich zwischen ihrer unteren und oberen Abteilung der SBM.

77. „*Oncophora*-Schichten“⁶⁾: Laut PAULUS & a. (1964: 39–40) wird „Die enge Verbindung [ihrer SBM] mit dem Westen ... zusätzlich noch durch die faunistische Beziehung zu den Kirchberger Schichten bei Ulm erhellt“. Andererseits stellen die Autoren durch den Vergleich ihres Süßwasserkalks mit dem Aussüßungshorizont in den *Oncophora*-Schichten Ostniederbayerns auch dorthin eine Verbindung her. SCHLICKUM hat (1970c) die Mollusken der Plieninger Bohrungen als solche der Kirchberger Schichten bestimmt. Entsprechende Faunen hat er, ebenfalls in Oberbayern, im Chiemseegebiet (1970b) und zwischen Alz und Salzach (1970a) ermittelt. SCHLICKUM sieht dadurch (1970b: 143) seine Auffassung (1964: 36–37) bestätigt, daß sich die Faunen der *Oncophora*-Schichten Niederbayerns und der Kirchberger Schichten trotz Übereinstimmung im Gesamtcharakter weitgehend unabhängig voneinander entwickelt haben. SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 380 f.), SCHLICKUM (1971: 573) und STRAUCH (1971: 583) nehmen deshalb wie SANDBERGER (1874: 555) zwei getrennte und selbständige Brackwasser-Becken, nach SCHLICKUM ein niederbayerisches und ein oberbayerisch-schwäbisches an.

78. Diskussion zur Paläogeographie der Oberen Brackwassermolasse

PAULUS & a. stellen durch die Korrelierung ihres Süßwasserkalkes mit dem Aussüßungshorizont in den *Oncophora*-Schichten die Auffassung von SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 327, 355 f., 366) in Frage, daß in Niederbayern ein kontinuierlicher Ablauf der Aussüßung in einem abgeschnürten Becken (: 380 f.) erfolgte. Dadurch wird die Auffassung WITTMANN's (1957: 75, 88) und anderer gestärkt, daß der in Ostniederbayern weit verbreitete Aussüßungshorizont zwei Rhythmen bzw. Zyklen der SBM trennt. Die jüngeren, Oberen *Oncophora*-Schichten müßten demnach durch einen abermaligen Brackwasservorstoß nach Bildung des Aussüßungshorizontes entstanden sein (vgl. LEMCKE 1984: 383). Diesem könnte man das Eindringen auch in Oberbayern sowie westwärts in die Graupensandrinne und in ihr südliches Vorland zuschreiben (s. 6.–8. Profil, : 234).

Altersvergleich der *Oncophora*- und Kirchberger Schichten: In Ostniederbayern erfolgt der Wechsel von der marinen zur brackischen Sedimentation mehr oder weniger rasch, jedenfalls ohne größere Verzahnung und tiefgreifenden Hiatus (NEUMAIER & WIESENER 1939: 204–205, 250; ZÖBELEIN 1940: 244–245; WITTMANN 1957: 56 und u. a. GRIMM 1963: 225). Die brackischen Kirchberger Schichten wurden erst nach der Bildung der Albsteinfläche, der Graupensandrinne und der Grimmelfinger Schichten über diesen abgelagert (s. HAUS 1952: 28; ZÖBELEIN 1985: Kap. C 7). Folglich sind die Kirchberger Schichten und jene S der „Albsteinschwelle“ LEMCKE's & a. jünger als zumindest die tieferen *Oncophora*-Schichten. Da sich die Kirchberger Schichten in der Schaffhausener Gegend mit den Sedimenten des Oberhelvet-Meers verzahnen, hat dieses in der Nordostschweiz länger als in Ostniederbayern fortbestanden. Das geht auch aus LEMCKE's Abb. 6 (1972: 35) hervor.

SCHLICKUM's und STRAUCH's „isolierte Becken“ sind unwahrscheinlich. In keinem ist eine Entwicklung der brackischen aus den vorausgehenden marinen Molluskenfaunen zu erkennen. Die brackischen Einwanderer müssen aus dem E gekommen sein. *Oncophora* ist aus Deltabildungen am Nordsaum der Paratethys bis zum Aralsee bekannt. Nach STRAUCH (1971: 584) war der Umschlag von der marinen zur brackischen Fazies „alleine eine Folge des Verschlusses der St. Pöltner Straße“. LEMCKE legt (1984: 382) die Unterbrechung der Meeresverbindung von Bayern nach Osten durch die „Schwellenregion von Amstetten“

⁶⁾ Es erscheint nicht zweckmäßig, Namen biostratigraphischer Einheiten aus kursiv und normal geschriebenen Wörtern zusammenzusetzen, z. B. *inflata*-Schichten (aber Inflaten-Schichten), wie es die „Richtlinien für die Verfasser geowissenschaftlicher Arbeiten“ (LANG & a., 1976: 10) empfehlen. Kursiv-Schrift sollte den paläontologisch verwendeten Gattungs- und Artnamen zwecks Heraushebung vorbehalten bleiben. Die Schreibweise etwa *Inflata*-Schichten, *Oncophora*-Schichten oder *Silvana*-Schichten kennzeichnet diese als stratigraphische Begriffe. Im übrigen entspricht diese Schreibweise gleichermaßen „paläontologisch-stratigraphischer Tradition“ wie etwa *inflata*-Schichten und darüber hinaus der deutschen Rechtschreibung. Gegenüber dem Zweck, „Art- und Gattungsnamen unterscheiden zu können“, kommt jenem Zweck größeres Gewicht zu, die stratigraphische Nomenklatur konstant zu halten. Diese Schreibweise soll davor bewahren, stratigraphische Begriffe den Wandlungen der zoologischen Nomenklatur anzupassen und etwa *Oncophora*-Schichten in *Rhezakia*- oder *Rhezakia*-Schichten umzutauften. – Die überkommene Schreibweise „et al.“ (Richtlinien: 11) habe ich durch das kürzere und ebenso verständliche „& a.“ ersetzt.

„wohl ins ausgehende Unterhelvet“. Laut STEININGER & RÖGL (1979: 1157) breitete sich die „Oncophora-fauna“ im späten Ottang (Ober-Helvet) vom euxinischen Bereich westwärts bis Südbayern aus. Die untere Abb. in STEININGER & a. (1976: 181) mit der in Teilbecken zerfallenen „Oncophora-sea“ betrifft meines Erachtens also nur das oberste Ottang oder das tiefe Karpat. – Ein isoliertes niederbayerisches Brackwasserbecken setzt trennende Barren voraus. Eine Ost-West-Barre konnten SCHLICKUM & STRAUCH nicht auffindig machen. Ob das NW verlaufende Landshut-Neuöttinger Hoch im Oberhelvet wirksam war, was PAULUS (in STRAUCH 1971: 586) für möglich hält, erscheint fraglich. Nach SCHIRM (1964: 76) könnte eine postoligozäne Bewegung am Landshut-Neuöttinger Hoch „vermutlich bereits nach der Ablagerung der Limnischen bzw. Fluviatilen SWS“ (Süßwasserschichten) erfolgt sein. Eine erneute Bewegung ist nach Aussage weiterer Autoren (SCHIRM: 72) „nach Ablagerung der HGS“ (Hangendserie) erfolgt. Aber selbst ein schon im Oberhelvet wirksames Hoch würde nichts über eine allfällige Verbindung des ostniederbayerischen Brackmeeres nördlich davon gegen W aussagen.

Schließlich wäre zu erwägen, ob die bestehenden Unterschiede in den brackischen Faunen so gravierend sind, daß sie völlig getrennte Becken erfordern und die Endemismen nicht etwa in verschiedenen Biotopen eines Beckens entstehen konnten. PAPP (1955) hat die „als Brachyhälinform an sich sehr variabel(e)“ *Oncophora* aus verschiedenen Vorkommen und teils deren Begleitarten untersucht. Er befindet (: 130–132), daß die *Oncophora*-Formen rechts der Salzach, jene von Röhdham NW Höhnhart (auch Oberösterreich, 20 km ESE von Braunau a. I.) und jene von Simbach a. I. (*Oncophora*-Schichten Niederbayerns) „trotz wechselnder Fazies identisch sind“ und zwischen diesen Gebieten eine Verbindung bestanden hat. Aus Simbach wäre „nur eine Unterart (oder eventuell zwei Unterarten) vorhanden, die mir aus Kirchberg [an der Iller] nicht in gleicher Form vorlag“ (: 128). Unterschiede stellt PAPP (: 131) zwischen den Formen von Oberösterreich-Niederbayern und jenen von „Günzberg“ (Günzburg/Donau ? *Oncophora* ist dort unbekannt), von Niederösterreich und Mähren fest. „Ob es sich dabei um Faziesinflüsse oder um andere Ursachen handelt, kann derzeit nicht entschieden werden.“ – SCHLICKUM hat (1970a) links der Salzach, gegenüber den Fundstellen PAPP's auf der rechten Salzach-Seite, Mollusken der Kirchberger Schichten bestimmt, sie auch anderwärts in Oberbayern angetroffen (1970b; 1970c) und sie von den brackischen Faunen Niederbayerns unterschieden. Zweifel an paläogeographischen Deutungen dürften daher nicht unbegründet sein.

78a. Zwischen der SBM und der OMM besteht eine scharfe Grenze, die einen kleinen Hiatus vermuten läßt (PAULUS & a.: 36).

79. Die Stufenbezeichnung Sannois für Unteroligozän (PAULUS & a.: 12, 19–20, 24) ist nach neuerer Literatur durch Lattorf zu ersetzen (s. ZOBELIN 1985: Kap. B 6b, Fußn. 2).

80. Tieferen Schichten wurden auf Bl. Ismaning nicht durchbohrt. Die wahrscheinliche tiefere Schichtfolge, mit Schichtlücken bis zum kristallinen Grundgebirge, stellt PAULUS auf S. 24 dar.

10. Profil (Nrn. 81–103)

81. Die Schichten, Stufen und Serien des 10. Profils konnten jenen des 1.–9. Profils nicht direkt gegenübergestellt werden. Ursachen sind der unterschiedliche Platzbedarf der Profildarstellungen sowie unsichere stratigraphische und fazielle Beziehungen. Deshalb habe ich in den Spalten a und e die Stufen- und Serienverteilung der Autoren eigens aufgeführt und in g–i dazu Stellung genommen. Die Spalten b und c zeigen die Schichtfolge der Autoren, die Spalten b und d die Kürzel, welche sie und frühere Bearbeiter des weiteren Isargebietes für ihre Schichten verwendet haben.

Das Gebiet des 10. Profils liegt im Nordteil der mittleren Vorlandmolasse, und zwar im Bereich der mittleren Serie DEHM's (s. Molassekarte). Die höchsten Profileile gehören jedoch noch zum unteren Teil der jüngeren Serie (s. Nr. 103 j). Das Profil gibt in den Grundzügen die stratigraphische Übersicht B. HOFMANN's (1973: 24 Abb. 4) über die „Obere Süßwassermolasse“ auf Blatt 7439 Landshut Ost wieder. Die Tagesaufschlüsse reichen dort bis in den Liegenden Nördlichen Vollschothter (Nr. 96; B. HOFMANN: 23f.), auf Bl. 7438 Landshut West bis in den

Unteren Hangenden Nördlichen Vollschotter (Nr. 93; MEIER: 5). Die tieferen Schichten wurden aus Nachbargebieten und vorwiegend aus Bohrungen bekannt, deren Folge bis zum Gneis GANSS (in B. HOFMANN: 13 f., 17 Abb. 3) darstellt. Die Unterteilung des Hangenden Nördlichen Vollschotter und der Unteren Serie B. HOFMANN's habe ich aus dem Profil SCHIRM's (1964: 6 Abb. 3) sowie aus dessen und MEIER's Text übernommen. B. HOFMANN zeichnet keine Schichtlücken ein. Literaturnachweise für die Schichtlücken im 10. Profil erfolgen unter den Nrn. 87, 97 und 99. Diese 3 Schichtlücken sind auch in Ostniederbayern vorhanden (s. NEU-MAIER 1957: 5 Abb. 1). Sie sprechen dafür, daß das ganze Gebiet von gleichen Vorgängen betroffen wurde.

82. Das Riesereignis legen HÜTTNER (1961: 113) und B. HOFMANN (1973: 24 Abb. 4) an die Wende Torton/Sarmat. Nach DEHM (1962: 74) fällt es in das jüngere Torton bzw. (: 83, 76–77) „in den Zeitabschnitt vom jüngeren Tortonium bis zum Beginn des Sarmatiums“. In das obere Torton stuft auch GALL (1971: 83, 143) das Riesereignis ein. Gleich alt sind die Bentonite nach DEHM (1962: 76, 83), GALL (1972: 21) und nach absoluter Datierung durch GENTNER & WAGNER (1969), worauf HEROLD (1970: 7) verweist, und nach STORZER & GENTNER (1970: 97). Nach deren revidierender Bestimmung (1970: 97, 98, 101, 108) beträgt das mittlere Spaltspurenalter der Riesgläser ($14,6 \pm 0,6 =$) 14,0–15,2 und der Bentonitgläser ($14,5 \pm 0,8 =$) 13,7–15,3 Mio. Jahre. Danach fällt das Riesereignis in das hohe Torton (= hohe Baden), liegt aber etwas unter der absoluten Torton/Sarmat-Grenze, die mit ca. 13,3 Mio. J. angesetzt wird (s. ZÖBELEIN 1983: 175 Tab. 2 Spalte f). Die Obergrenze der Bentonite ist im allgemeinen jene der mittleren DEHM'schen Serie (s. Nr. 103 j). Dorthin kann man annähernd auch die Torton/Sarmat-Grenze legen, da darüber eine Schichtlücke und eine andere Fauna folgen.

83. Im Helvet dürften nach SCHIRM (1964: 13) die Basis der Limnischen Süßwasserschichten und zumindest deren untere Hälfte liegen (s. Nr. 103 i). Er zeichnet die Torton/Helvet-Grenze gestrichelt. GANSS (in B. HOFMANN 1973: 17 Abb. 3) legt die Torton/Helvet-Grenze in die Süßbrackwassermolasse. B. HOFMANN zieht sie (: 24 Abb. 4) im höheren Teil seiner Unteren Serie und gibt als Alter der Grenze $\pm 19,5$ Mio. Jahre an. Nach neuerer Datierung liegt sie bei 17,5 Mio. Jahren und entspricht nach CÍCHA & a. der Grenze Karpat/Ottomány (s. ZÖBELEIN 1983: 175 Tab. 2, Spalten a, d, und f). Weiteres über die Limnischen Süßwasserschichten und die SBM siehe 11. Profil, Nrn. 116 und 118.

84. Über die Hangendserie (HGS) um Landshut berichten SCHIRM (: 57 f.), MEIER (: 36 f.) und B. HOFMANN (1973: 49 f.). B. HOFMANN's „Obere Serie = Hangendserie“ [i. w. S.] umfaßt die „Hangendserie (i. e. S.)“, wozu er auch die „Feldspatsande“ samt dem Kröninger Ton stellt (Nr. 85) sowie darunter die „Übergangsschichten“ (Nr. 86). B. HOFMANN (: 25) zufolge entsprechen sich altersmäßig ungefähr die „Obere Serie“ ABELE's & a. (1955: 50 f.) und seine „Hangendserie“ sowie deren „Mittlere Serie“ und der Nördliche Vollschotter des Isargebiets (Nr. 90). Diese Begriffe gebraucht B. HOFMANN wie schon BRUNNACKER (1962) nebeneinander. Altersweisende Fossilien s. Nr. 103 a.

85. Die vielfach so benannte „Moldanubische Serie“ (MS) behalte ich als Sammelbezeichnung für die Feldspatsande und ihre Tone bei. Die MS verzahnt sich nicht selten mit der eigentlichen HGS (s. z. B. B. HOFMANN: 56), die alpinen Ursprungs ist.

86. Als „Übergangsschichten (vom Nördlichen Vollschotter zur Hangendserie)“ i. e. S. benannt B. HOFMANN (: 3, 51 f.) „einen sehr schlecht sortierten, kristallin- und carbonatführenden Quarzgrob- und -kleinschotter“ mit zahlreichen Sandzwischenmitteln. Er ist vorwiegend im mittleren und südlichen Teil von Bl. Landshut Ost verbreitet. Hier lassen „die Ausbildung der Schotter und auftretende Erosionsdiskordanzen ... keinen sicheren Hinweis auf den Verlauf der Grenzfläche Mittlere Serie – Obere Serie ... zu“ (: 45). B. HOFMANN vergleicht

(: 51) die Übergangsschichten mit BATSCHÉ's Nördlichem Vollschorer, Typen II und I (1957: 266; Typ III fehlt auf Bl. Landshut Ost) und mit GEBHARDT's Oberem Hangenden Nördlichen Vollschorer (1964: 13). Laut GEBHARDT ähnelt „Der Ob. Hang. NVS ... in seiner Ausbildung dem Südlichen Vollschorer, stellenweise in stark verwittertem Zustand sogar der Hangendserie. Er unterscheidet sich aber im Fossilinhalt“. Unter „Übergangsschichten“ gibt B. HOFMANN (: 52 Abb. 5) auch eine Schwermineralanalyse von SCHIRM (: 84f.) wieder, die aus dem Oberen Hangenden Nördlichen Vollschorer (unter der Hangendserie) bei Eglberg stammt. Die Analyse zeigt die Abnahme des Granats von 80 auf 20% und die Zunahme des Stauroliths von ca. 3 auf 25% mit profilaufwärts zunehmender Verwitterung.

Diskussion: Die von B. HOFMANN zitierten Autoren halten seine „Übergangsschichten“ für obersten, stark verwitterten Nördlichen Vollschorer. Da GEBHARDT auch den Faunenunterschied gegenüber dem Südlichen Vollschorer und der Hangendserie betont und ein Übergang in Anbetracht der dazwischen liegenden weitflächigen Schichtlücke ohnehin unwahrscheinlich ist, habe ich die „Übergangsschichten“ in den Spalten g bis i noch zum hohen Torton (= Baden) und zur mittleren Serie DEHM's gestellt. Sofern man nicht wie die übrigen Autoren auf die „Übergangsschichten“ verzichtet, wären sie als eigene Fazies des obersten Nördlichen Vollschorers aufzuführen. Dann besteht B. HOFMANN's Hangendserie wie bei anderen nur mehr aus jener im engeren Sinne, wobei auch die gestrichelte Linie im Grenzbereich seiner mittleren und oberen Serie entfällt. Über andere „Übergangsschichten“ s. 4. Profil, Nr. 39.

87. Die Schichtlücke über dem Nördlichen Vollschorer (samt der Sandmergeldecke) bzw. hier über den Bentoniten habe ich aus SCHIRM (: 6 Abb. 3) und MEIER (: 36, 48) übernommen.

88. Bentonite

a) Allgemeines: Von AMMON hatte (1901) die Bentonite Weißerden genannt, SIEGL sie (1948) als Verwitterungsprodukte von Glastuffen erkannt. BATSCHÉ schränkt (1957: 273, 274) den Begriff „Bentonit“ auf die feinkörnige „(tonige)“ Ausbildung der Weißerden ein, dem andere Autoren und der Verf. nicht gefolgt sind. Die Verbreitung der Lagerstätten in der südbayerischen OSM zeigen die Abb. von STORZER & GENTNER (1970: 104), SCHMID & WEINELT (1978: Kt.) und UNGER (1981: 195). Nach BATSCHÉ (: 284) wurde die Weißerde in flachen Senken der Sandmergeldecke (Nr. 89) und wenigstens teilweise in Wasser abgelagert. Das bezeugen Verunreinigungen durch Sand und Ton und vereinzelt in der Weißerde auftretende Sandbänder, nach UNGER (1981: 199) sogar Kieslagen in den Bentonitlagerstätten. – Über die Altersbestimmungen von STORZER & GENTNER siehe Nr. 82. Zu den folgenden, in der Literatur diskutierten Fragen meinen sie (: 104): „Ob jedoch die Bentonite ihre Entstehung einem einzigen Ereignis verdanken, kann stratigraphisch nicht mit Sicherheit geklärt werden, da ihre Sedimentation in einem fluviatil-lakustrischen Milieu erfolgte, wobei Umlagerungen nicht auszuschließen sind (Abb. 5).“ Die Abb. zeigt einen Glastuff, aus dessen Kreuzschichtung die Autoren auf mehrfache Umlagerung dieses Sediments schließen. „Auch die Herkunft der Bentonite blieb bis heute umstritten“ (: 106). STORZER & GENTNER verweisen (: 105–106) auf die Annahme eines Molassevulkanismus. Doch macht „Die zeitliche Koinzidenz von Riesexplosion und Erstarrungszeit der Moldavit- und Bentonitglasschmelze ... einen ursächlichen Zusammenhang dieser drei Ereignisse wahrscheinlich“ (: 97). Eine einfache Beziehung der von ihnen untersuchten Bentonitgläser zu vulkanischen Förderprodukten in Baden-Württemberg und der Schweiz besteht nicht (: 106).

b) Bentonite um Landshut: Auf Bl. 7439 Landshut Ost konnten Bentonite in reiner Form in Tagesaufschlüssen nicht nachgewiesen werden. B. HOFMANN (1973: 44, 48–49) geht kurz anhand der Befunde HEROLD's (1970: 20f., 28f., 74, 81f.) auf sie ein. MEIER registriert (1965: 23–27) erbohrte Vorkommen auf den Bl. Landshut Ost und West, anstehende auch auf

Landshut West sowie einige Vorkommen auf den Bl. 7437 Bruckberg und 7538 Buch am Erlbach. Nach MEIER (: 27f., 49) wurden die 5–10 m mächtigen Weißerden linien- oder flächenhaft in Rinnen oder Senken der Sandmergeldecke abgelagert, die vorher also teilweise erodiert wurde. Die Bentonite sind vor allem in den obersten Partien, besonders bei flächenhafter Lagerung, mit Material aus der SMD vermengt. „Das Liegende der Weißerde bildet stets ein Feinsand oder Feinkies“ (MEIER: 29), nach BESCHOREN (1955: 62) teils auch Mergel. „Unmittelbar über der Weißerde liegen fast immer karbonathaltige Kleinkiese, die nach oben in Feinsande und tonige Grobschluffe übergehen“ (MEIER: 37).

c) Die stratigraphische Lage der Bentonite über der Sandmergeldecke (Top des Nördlichen Vollschoeters) und unter der Hangendserie ergibt sich aus den Schichtverzeichnissen und Darlegungen von BESCHOREN (1955: 61f.), BATSCHE (1957: 261, 271, 281 Abb. 2, 284, 285 Abb. 3, 286, 303 Abb. 9), MEIER (1965: Inhaltsverzeichnis, 27–29) und B. HOFMANN (1973: 44). Nach HEROLD (1963: 43) breiteten sich die vulkanischen Förderprodukte „auf der Sandmergeldecke aus. Glasaschen verwitterten in der Sandmergeldecke zu Bentoniten“, [die also nachträglich überdeckt wurden]. Der Aussage HEROLD's (1970: 21; zit. von B. HOFMANN: 48–49), daß die Bentonite um Landshut-Mainburg der Sandmergeldecke „eingeschaltet“ sind, steht jene der vorgenannten Autoren entgegen. B. HOFMANN zitiert (: 44) aber auch die Aussage von BATSCHE (: 271). UNGER's Bentonit-Beurteilung s. unten, f).

d) Höhenlagen von Bentoniten ü. NN.: MEIER registriert (: 23–26) 16 Vorkommen auf Blatt 7438 Landshut West. Daraus und aus MEIER's „Höhenlage der Grenze SMD/Weißerde“ (: 47 Abb. 34) geht hervor, daß die Weißerden seines Gebietes und westwärts auf Bl. 7437 Bruckberg gruppenweise auf 450–455 m, 465–470 m und 475–480 m liegen. MEIER schreibt diese Höhengruppierung dem NW streichenden Landshuter Abbruch zu, der als Staffelbruch mit 2 Stufen ausgebildet ist. Seine Sprunghöhe (vom tiefer liegenden SW zum höher liegenden NE) beträgt insgesamt 25–30 m (: 48, 70). BATSCHE verzeichnet (1957: 275, 276 Abb. 1) teils nach SCHULZ 21 Weißerde-Fundpunkte im Bereich Simbach-Malgersdorf. Er verweist (: 276) auf ihre Anordnung längs zweier NW-Linien und nimmt wie REIS eine tektonische Beziehung an. 19 der Weißerde-vorkommen liegen in beiden Bereichen zwischen (425–) 430 und 445 m Höhe, weshalb ich eine Sedimentation in (tektonisch bedingten?) Erosionsrinnen nicht ausschließen möchte. Diesbezüglich sei auf BATSCHE's Darlegungen (: 284) über Erosionen vor und nach der Ablagerung der SMD hingewiesen.

Ergänzend seien die Höhenlagen weiterer südbayerischer Bentonite genannt: Auf Bl. 7439 Landshut Ost bei 450–480 m (MEIER 1965: 24) bzw. zwischen etwa 457–460 m (UNGER 1981: 197 Abb. 2, 5. Profil) und zwischen rd. 471 und 477 m in Bohrungen (B. HOFMANN: 44); auf Bl. 7540 Vilsbiburg bei 453 m (HEROLD 1963: 50–51; 1970: Anhang Nr. 14a; nach OELTZSCHNER 1965: 12–13 aber bei 439,5 m); auf Bl. 7438 Landshut West zwischen etwa 434 und 447 m (UNGER: 1981: 197 1.–4. Profil); auf Bl. 7538 Buch am Erlbach bei 448 m (MEIER: 27) bzw. 452,5–455 m (UNGER: 197, 7. Profil); auf den Bl. 7336 Mainburg und 7436 Au i. d. Hallertau bei 485,5–488,8 m (UNGER 1982: 9, 14 Abb. 5 u. 6); bei Großgundertshausen 4 km SE Mainburg auf ca. 485 m (GREGOR, zit. in FAHLBUSCH & a. 1974: 127); in den Bohrungen Biberach 1004 auf ca. 458 m, Aichach 1005 auf ca. 502–507 m (LEMCKE & a. 1953: Tafel II); um Augsburg ca. 501–560 m (SCHEUENPFLUG 1980: 140 Tab. 1).

e) Mehrfache, verschiedenalte Bentonitbildung?: Nach BESCHOREN (1955: 62) tritt gegenüber den Bentoniten von Malgersdorf, Landshut und Pörndorf, die meist auf Feinsedimenten [der SMD] über dem Nördlichen Vollschocter liegen, „Westlich der Isar ... noch ein zweiter Tuff- und Bentonithorizont in höhere(m) Niveau auf“. Orts- und Höhenangaben fehlen. Es dürfte eine Scheinverdoppelung infolge tektonischer Verstellung vorliegen (s. oben). BATSCHE berichtet von einem alten, verwachsenen Weißerdeabbau S Obermünchsdorf/Vils (Bereich Simbach – Malgersdorf). Er liegt auf 460 m ü. NN. und wird von 10 m Hangendserie und dann 5 m Feldspatsand unterlagert (Fundpunktregister: 275 Nr. 2, 281 Abb. 2,

285 Abb. 3b). SCHULZ hatte für den Abbau 440 m Höhe angegeben. Anstehende Weißerde konnte BATSCHE nicht mehr finden, „dafür aber zahlreiche herumliegende Brocken von Grubenfrische“. An der Grenze Feldspatsand/Sandmergeldecke hat BATSCHE mit dem Bohrstock Weißerde (Vorkommen Nr. 1, : 275) auf 445 m angetroffen. Eine stratigraphische Aufeinanderfolge zweier Weißerdehorizonte sieht BATSCHE auch an einer weiteren Stelle: Bei Sperl liegt die Sohle eines Weißerdevorkommens auf 443 m (: 286, Nr. 14 des Registers auf S. 275). SCHULZ gibt die Höhen zweier, einige hundert Meter entfernter Vorkommen (Nrn. 13 und 16) mit 435 bzw. 430 m an. BATSCHE nimmt deshalb für Sperl ein um 10 m höheres Weißerde-Niveau an. Höhendifferenzen von 10 (–15) m bestehen aber auch zwischen anderen Weißerdevorkommen (s. BATSCHE's Fundpunktregister: 275). Die könnten durch tektonische Verstellungen oder Erosionsdiskordanzen entstanden sein. Den Hinweisen BATSCHE's und HEROLD's (1970: 20) auf zwei Bentonithorizonte laut BESCHOREN kommt kaum Gewicht zu (s. oben). – HEROLD beschreibt (1963: 50–51, 63; 1970 Anhang Nr. 14b) bei Dietelskirchen (Bl. 7540 Vilsbiburg) ein Tonband auf 453,5 bis 454 m (0,5 m über dem Bentonitband) als „heterogenes Sediment“ mit Quarzkörnchen und roten Tonbröckel in grünlichem Ton. Dieser „rote Tuffit“ führt den gleichen Montmorillonit wie die Bentonite. Nach OELTZSCHNER (1965: 12 f.) liegt der Tuffit auf 440 m. Er entspricht einem 1100 m entfernten roten Ton bei Helmsdorf auf 434 m, der mit graugrünem und gelblichem Ton vermischt ist. Ich halte beide für umgelagert. – Laut UNGER (1981: 202) kann „bis heute noch nicht der eindeutige Nachweis von mehreren übereinanderliegenden Bentonit-Lagen erbracht werden (durch beweisbare größere und zeitlich trennende Zwischenlagen unterbrochene Lagen, Mehrphasigkeit und nicht Umlagerung!)“. Die einzige, derzeit bekannte Ausnahme könnte vielleicht BATSCHE's Vorkommen bei Obermünchsdorf sein. – Die isolierten Blöcke vor allem aus Weißjura-Gesteinen, die profiltiefer als die Bentonite liegen, beziehe ich in die Erörterung eines Mehrfachvulkanismus nicht mit ein (siehe darüber STORZER & GENTNER 1970: 104 f; SCHEUENPFLUG 1980). Derlei Blöcke finden sich nicht nur im weiteren Riesumfeld, wo STORZER & GENTNER sie (: 104 Abb. 4) abgrenzen, sondern auch auf rund 50 km Erstreckung vom Bodenseebereich (etwa bei St. Gallen) bis zum Oberen Zürichsee (s. BÜCHI & SCHLANKE 1977: 65 Abb. 8, 67). Sie liegen dort in der „Öhningerzone“, die von Bentonit überlagert wird. „Der Begriff ‚vulkanisch‘ mußte in der Zwischenzeit korrigiert werden, indem es gelang, den Blockhorizont auf ein Impaktphänomen zurückzuführen.“

f) UNGER's Bentonitbeurteilung (1981) wird hier gebracht, da Bentonite im 11. Profil nicht erwähnt werden. UNGER verweist (: 194) auf eine Publikation von VOGT (1980). Die Bentonite um Landshut und Malgersdorf (40 km E von Landshut) gehören zu UNGER's „Zwischenfolge“ (s. Nr. 89). „Daß bei der Bildung der Bentonite (vom Verf. gesperrt) sowohl fluviale als auch aeolische Komponenten beteiligt waren, steht außer Zweifel“ (: 198 f.). Der Autor nimmt nach dem Ende der Sarmat I-Schüttung „eine der letzten großen Schüttungsrinnen im Bereich der heutigen Bentonitlagerstätten“ an. In diesem topographisch tiefsten, ehemaligen Rinnenlauf wechselten tiefere mit flacheren Bereichen ab. „In der nun folgenden schüttungsfreien Periode – stratigraphisch also einer Schichtlücke – setzte die Erosion ein.“ „Mit dem feinkörnigen Material, in der Hauptsache Sarmat I-Sedimenten, wurden auch die Gläser mit einem Alter von $14,5 \pm 0,8$ Mio. Jahren abgeschwemmt.“ „Zwischen den Perioden mit starker Abschwemmung wehten starke Winde und transportierten aeolisch Feinmaterial ab, das sich wiederum ... bevorzugt in den topographisch tiefsten Bereichen absetzte.“ Die Gläser lagerten „bereits in den Sarmat I-Sedimenten...“, bevor sie in die Rinnen und Senken abgeschwemmt oder ausgeblasen wurden“ (: 199). Die Bentonite bei Malgersdorf „liegen offensichtlich horizontal über größere Flächen auf dem Sarmat I und werden von Sarmat II überdeckt“ (: 200). Nach SALGER's mündl. Mitt. an UNGER handelt es sich bei ihnen um Bentonite ohne vulkanische [weil verwitterte ?] Komponenten. Doch haben STORZER & GENTNER (1970: 108) Bentonitglas

von „Unter-Haarland (bei Malgersdorf)“ (s. BATSCHE: 286) untersucht. Die unterschiedlichen Höhen der Bentonitlager ü. NN. um Landshut führt UNGER (1981: 201 Abb. 3) auf vermutete („?“) „Flexur(en) über Verwerfungen im tieferen Untergrund“ zurück, womit sie auch MEIER (s. oben, d) begründet hatte.

Zum Alter der Bentonite meint UNGER (1981: 198), daß es „doch etwas gewagt“ erscheint, wenn VOGT sie, HEROLD (1970) folgend, dem Obertorton zuweist, die grundlegende Arbeit von DEHM (1955) aber unberücksichtigt läßt. „Vollkommen haltlos ist jedoch die Behauptung, daß die Bentonite ein Alter von $14,5 \pm 0,8$ Mill. Jahren hätten.“ Dieses von GENTNER & WAGNER (1969) ermittelte Bildungsalter der vulkanischen Gläser ist „nicht dem Sedimentations- bzw. Bildungsalter der Bentonitlagerstätten Niederbayerns gleichzusetzen“. Ihr Alter kann „gemäß der heute gültigen radiometrischen Alterseinstufung des Sarmats, nur zwischen 10,5–11,5 Mill. Jahren liegen“ (so auch in UNGER's Tab.: 196).

g) Diskussion zu UNGER's Bentonitbeurteilung: Auf UNGER's Abb. 2 (1981: 197) liegen die Bentonite im 1.–5. Profil am Top seiner Zwischenfolge. Im 5. Profil liegt ein Vorkommen 3,57 m unter jenem am Top und damit wie der Bentonit im 7. Profil und wie einer E der Abens (UNGER 1982: 6 Abb. 2 wie 14, Abb. 5, 6) innerhalb der Zwischenfolge. Die Verdoppelung des Bentonits im 5. Profil entstand meines Erachtens durch aufeinanderfolgende Zusammenschwemmung von Schluff-Sandmergel-Bentonit, die Lagerung von Bentonitbändern in der Sandmergeldecke durch nachträgliche Überdeckung mit deren Material. Umlagerungen zieht ja auch UNGER (1981: 202) in Betracht. – Während zufolge der meisten Autoren die Bentonite über dem Nördlichen Vollschotter und unter der Hangendserie liegen (abgesehen von BATSCHE's Vorkommen in der HGS), folgt nach UNGER (1981: 197; 1982: 9) über seiner Zwischenfolge das Sarmat II. Es ist „ein rotbrauner, feinkiesiger Grobsand, den man makroskopisch als ‚typische Hangendserie‘ ansprechen würde. Nach der Schwermineralanalyse handelt es sich jedoch um Sarmat II (Tab. 2, M 154/I)“. (Mit 87% Granat und 7% Staurolith steht dieses Spektrum aber jenen der Hangendserie näher; vgl. 1983b: 19 Tab. 3). „Nordwestlich von Landshut wird die überlagernde Sarmat II-Abfolge entweder feinkörniger oder die Hangendserie überdeckt den Bentonit“ (UNGER 1981: 198). Trifft letzteres zu, so stimmt UNGER bezüglich der Schichtfolge mit den anderen Autoren überein. – Die Bildung der Bentonitvorkommen durch Umlagerung der Bentonite halten auch BATSCHE (1957: 276) wie STORZER & GENTNER (s. oben) für möglich. MEYER nimmt (1965: 49, 29) wie UNGER Zusammenschwemmungen der vulkanischen Glastuffe in Rinnen und Senken, und zwar der Sandmergeldecke an.

Zu UNGER's Altersdeutung der Bentonite: Da UNGER für die Glastuffe $14,5 \pm 0,8$ Mio. J., für die Bentonitlager aber 10,5–11,5 Mio. J. ansetzt, wären die Tuffe oder Bentonite rund 3,5 Mio. Jahre in bzw. auf dem Sarmat I gelegen. Die „Zwischenfolge“, auch „Bentonitabfolge“ genannt, wurde aber laut UNGER (1982: 16, 9, 11) „durch die grobklastische Sarmat II-Schüttung ... schnell überdeckt und somit plombiert“. In dieses Sarmat II sollen die Bentonite dann zusammengeschwemmt und -geblasen worden sein. Diese Unwahrscheinlichkeit wird dadurch verstärkt, daß Bentonitlager 5–10 m mächtig werden können. UNGER's Altersdeutung der Bentonitlager fußt auf einem stratigraphischen Irrtum. Er verweist (1983a: 48, 15) darauf, daß „Zur Zeit ... die zeitliche Gliederung der Oberen Süßwassermolasse noch nicht endgültig festgelegt werden“ kann. Das zeigen die „?“ zwischen seinen Molasseschichten wie zwischen den damit korrelierten Stufen der Paratethys (s. 1981: 196 Tab. 1; 1982: 10 Tab. 3). Damit ist UNGER's Bezug (1981: 194, 196 Tab. 1) auf die absolute Zeitskala von „STEININGER et al., 1976“ sowie das daraus abgeleitete Alter der Bentonitlager von 10,5–11,5 Mio. Jahren unzuverlässig. Vor allem hat UNGER die Einstufung der OSM-Serien durch DEHM (1955) zugrunde gelegt und außer acht gelassen, daß die in Nr. 82 genannten Autoren die Altersaussage revidiert und auch GEBHARDT und SCHIRM (s. Nr. 90) Bedenken erhoben hatten. Da das Riesereignis und die Ben-

tonite in das herkömmliche hohe Torton fallen, entspricht dieses dem höheren Baden der Paratethys (s. die Tab. von STEININGER & RÖGL 1979; PAPP 1981 und danach ZÖBELEIN 1983: 175). Das höhere Baden ist zwischen 13,3 und 15,4, im Mittel etwa 14,35 Mio. Jahre alt. Das stimmt mit der absoluten Datierung von STORZER & GENTNER ($14,6 \pm 0,6$ Mio. J.) hinreichend überein. Die Annahme einer größeren Zeitdifferenz zwischen der vulkanischen Förderung der Glastuffe und der Entstehung der Bentonitlager kann also entfallen.

Die Ursachen der unterschiedlichen Höhenlagen der Bentonite sind laut UNGER (1981: 200f.) zurzeit noch nicht endgültig zu klären. Er verneint die Frage, ob die Plombierung der verschieden hoch liegenden Bentonitlager „durch das Sarmat II oder die Hangendserie ... zeitlich versetzt“ erfolgte. Der Beweis wäre nur erbracht, wenn sich im NW Hangendserie über den Bentoniten nachweisen ließe. Doch räumt er (: 198) ein, daß NW Landshut feinkörnigere Sarmat-II-Abfolge „oder die Hangendserie ... den Bentonit“ überdeckt. BATSCHE zeichnet (1957: 303 Abb. 9) teils Hangendserie, teils Feldspatsand über der Weißerde ein. Die von UNGER erwogene Möglichkeit wäre danach gegeben. Bentonite zeigen in naher Nachbarschaft und teils in tektonisch gleichen Bereichen Höhenunterschiede von z. B. 5–7 m (s. MEIER: 47 Abb. 34). Auf BATSCHE's Abb. (1957: 276) liegen die Bentonite Nrn. 5 und 6 sowie Nrn. 14 und 15 jeweils nur 700 m auseinander und weisen trotzdem ca. 10 bzw. 15 m Höhendifferenz auf. Diese Höhenunterschiede dürften durch die Lage der Bentonite auf ungleich eingetieften Rinneböden bedingt sein. Tektonische Verstellungen der Bentonitlager, wie UNGER sie annimmt, hat MEIER (s. Nr. 88d) geltend gemacht. Die Höhenunterschiede zwischen den Bentonitvorkommen um Malgersdorf (rund 430–440 m) und um Mainburg (485 m) können zufolge gleicher radiometrischer Datierung jedenfalls nicht auf mehrfache Vulkanausbrüche zurückgeführt werden. Zur Erklärung z. B. der Bentonithöhen von ca. 458 m und 507 m in den Bohrungen Biberach 1004 bzw. Aichach 1005 oder von 501–560 m um Augsburg müssen wie in BATSCHE's Gebiet (1957: 293, 296f.) „also Tektonik und Relief herangezogen werden“.

89. BATSCHE hat (1957: 271, 303 Abb. 9) den Begriff „Sand-Mergel-Decke“ (Sandmergeldecke, SMD späterer Autoren) für 1–5 m mächtig aufgeschlossene Staub- und Feinsande, Tone und Mergel zwischen dem Nördlichen Vollschothter (NVS) und der Hangendserie (HGS) eingeführt. Die Grenze gegen den NVS ist scharf. Die SMD ist in ein flaches Relief des NVS eingelagert (: 284). Sie ist als Zusammenschwemmung feinen Materials auf der Oberfläche des NVS aufzufassen. Gegen die HGS konnte eine klare Abgrenzung nicht erkannt werden (: 271). B. HOFMANN berichtet (1973: 44, 48) über die Verbreitung der SMD auf 5 Gradabteilungsblättern westlich des Positionsblattes 563 Simbach, wo sie auch vorhanden ist (s. BATSCHE: 303 Abb. 9). Örtlich kann sie aufgearbeitet sein oder fehlen. Laut SCHIRM ist sie auf Bl. Landshut Ost plateauartig auf 480–485 m verbreitet und stellt „somit einen äußerst wichtigen Leithorizont“ dar (: 50, 56 Abb. 26, 71, 108). Entsprechendes berichtet MEIER (: 46) von Bl. Landshut West. B. HOFMANN (1973: 50) legt die Obergrenze der SMD zumindest im westlichen und im südlichen Blattgebiet Landshut Ost rd. 10 m tiefer, auf 471–475 m. Laut SCHIRM (: 54) besteht seltener eine scharfe Grenze zwischen dem Nördlichen Vollschothter und der SMD, wobei (: 57 Abb. 27) die SMD ein Relief ausfüllen kann. Meist geht der Nördliche Vollschothter in die SMD über, wie auch GEBHARDT (: 19, 49) feststellt. Die Sandmergeldecke (mit den Bentoniten) bildet den Top des Nördlichen Vollschothters und schließt eine ältere Sedimentation ab (SCHIRM: 50, 108; MEIER: 69; GEBHARDT: 49; B. HOFMANN: 3, 24 Abb. 4, 50). Die Obergrenze der SMD (bzw. der Bentonite) ist also, wie aus GEBHARDT (: 49) und OELTZSCHNER (1965: 93) hervorgeht, „Die Grenze zwischen der mittleren und jüngeren DEHMSchen Serie“. Die letztere wird durch die HGS, MS und den Südlichen Vollschothter repräsentiert. Den Begriff „Sandmergeldecke“ verwendet auch noch GALL (1980: 69).

Nach UNGER (1976: 124) ist die „von B. HOFMANN ... erwähnte Sandmergeldecke auf 475 m NN ... in jedem Fall noch über weite Bereiche hin problematisch“⁷⁾. „Eine geschlossen durchgehende ‚Sandmergeldecke‘ im Hangenden der Bentonite gibt es nicht. Der Sandmergel ist ein Teil der ‚Bentonitabfolge‘, lagert zum Teil im Liegenden des Bentonits oder kann ihn vollständig ersetzen“ (UNGER 1981: 196). Bei den Kartierungen um Landshut habe sich die Sandmergeldecke als ein räumlich eng begrenztes Element erwiesen, „das an der Grenze Sarmat I zu Sarmat II in Verbindung mit den Bentoniten liegen kann“ (UNGER 1982: 5). Er spricht statt dessen von „Zwischenfolge“ (1981: 196, 197, 199, 202).

Diskussion: Die Sandmergeldecke ist nach Darstellung der übrigen Autoren durchaus kein „räumlich eng begrenztes Element“. Jedenfalls steht sie der „Zwischenfolge“ in ihrer Verbreitung nicht nach. Mit dieser stimmt sie auch lagemäßig weitgehend überein. Die Autoren behaupten auch nicht, daß „eine geschlossen durchgehende ‚Sandmergeldecke‘ im Hangenden der Bentonite“ existiert, sondern betrachten sie als Liegendes der Bentonite. Da zudem gegen die Begriffe „Sarmat I“ und „II“ Einwände erhoben werden (11. Profil: 254t.) behalte ich die überkommene „Sandmergeldecke“ bei.

90. Den Nördlichen Vollschorter WURM's (NVS späterer Autoren) nennt BLISSENBACH Landshuter Schotter und BESCHOREN Hauptschorter. Zum Alter des NVS äußern GEBHARDT (: 4, 6, 27, 87) und SCHIRM (: 37, 107), daß Molluskenfunde in den unteren Partien des Hangenden NVS (Nr. 93) bei Maßendorf auf ein tortones Alter schließen lassen (s. Nr. 103 e). „Es hat also den Anschein, daß die stratigraphische Stellung der Schichtglieder der OSM, zumindest bis einschließlich des NVS, tiefer sinkt“ (SCHIRM: 37). Aus der Lage der niederbayerischen Bentonite folgert HEROLD (1970: 7), daß der HNVS „bereits vor der Wende Torton/Sarmat abgelagert worden sein“ muß. „Die mittlere DEHM'sche Serie ist also größtenteils ins Torton zu stellen.“ UNGER schreibt (1981: 198), „daß die Sedimentation des Nördlichen Vollschorter's i. w. S. im höheren Baden (was der alten Bezeichnung ‚Torton‘ entspricht) einsetzte“. 1983a (: 14 Abb. 1, 41) stellt er den NVS in das Baden-Sarmat = „Sarmat I“, 1983b (: 15 Tab. 1, 20, opp.: 16 Tab. 2) in das Karpat bis Baden, schließt aber nicht aus, „daß seine Sedimentation noch bis in das tiefere Sarmat reichte“. – Stellungnahme: Durch die Einstufung der Bentonite in das Torton ist auch das Torton-Alter des NVS erwiesen. Damit stehen die Fossilfunde (siehe Nr. 103 b–h) und die darauf folgende Erörterung der DEHM'schen Seriengrenzen (103 j) in Einklang.

91. Als Zwischenmergel (ZM) bezeichnet erstmals SCHIRM (: 32–33, 6 Abb. 3) dann GEBHARDT (: 18) einen weiter verbreiteten Horizont, der auf Bl. Landshut Ost und Ahm auf rd. 460–465 m Höhe liegt (auch B. HOFMANN: 24 Abb. 4, 34). Auf Bl. Landshut West ist er tektonisch auf 440 m abgesenkt (MEIER: 10, 46) und erstreckt sich bei Gündlkofen von 435 bis 440 m (GALL 1980: 54 Abb. 2). Er dient wie die Sandmergeldecke und bei MEIER auch der Bentonit als Leithorizont.

92. Der ZM trennt den Oberen Hangenden Nördlichen Vollschorter (OHNVs, Nr. 92) vom

93. Unteren Hangenden Nördlichen Vollschorter (UHNVS, Nr. 93) (SCHIRM: 44f., 22f. zusammen mit GEBHARDT: 6f., 13; MEIER: 12f., 5f.). OHNVs u. UHNVS „unterscheiden sich in Körnung und Schichtung deutlich voneinander“ (GEBHARDT: 6, 13, 70; MEIER: 13, 56f.). Altersweisende Fossilien zu Nr. 92 siehe Nr. 103 b, c?; zu Nr. 93 siehe Nr. 103 c?, d, e, f.

⁷⁾ Opp. UNGER's Wiedergabe (1978: 87) von B. HOFMANN's Meinung (1973: 44) sieht dieser (s.: 48, 51; Nr. 86) in der Sandmergeldecke kein „Indiz für eine Sedimentationsunterbrechung“. B. HOFMANN zitiert BATSCHE's Meinung im Konjunktiv.

94. Das Äquivalent des Süßwasserkalks (SWK; abzukürzen etwa ÄSWK) ist ein Mergelhorizont um 410 m Höhe (SCHIRM: 6 Abb. 3, 32, 43; B. HOFMANN 1973: 24 Abb. 4, 34, 40). Er entspricht nach SCHIRM sehr wahrscheinlich dem Süßwasserkalk, den BATSCHE weitflächig bekannt gemacht hat (1957: 268–271, 284, 297, 302, 303 Abb. 9; siehe auch 11. Profil Nr. 109). Dieser Süßwasserkalk führt Algenkalkknollen und -mumien (: 268–269), die auch im ÄSWK bei Wolfstein a. d. Isar zusammen mit Süßwassermuscheln und -schnecken vorkommen (SCHIRM: 35, 36; B. HOFMANN: 39). Zwischen den beiden leitenden Mergelhorizonten (Nr. 91 und 94) kommt ein dritter von unregelmäßiger Verbreitung, auf Bl. Landshut Ost bei 440 m, vor. Altersweisende Fossilien in Nr. 94 siehe Nr. 103g.

95. Der Süßwasserkalk und sein Äquivalent (Nr. 94) trennen den Hangenden Nördlichen Vollschofter (HNVS, Nr. 95) vom

96. Liegenden Nördlichen Vollschofter (LNVS, Nr. 96) (SCHIRM: 6 Abb. 3, 20; MEIER: 10). Nach BATSCHE (: 267) bestehen petrographische Unterschiede zwischen dem HNVS und dem LNVS. Nach SCHIRM (: 21, 44, 107; opp. B. HOFMANN's Zitat: 27) sind der LNVS (Nr. 96) und der UHNVS (Nr. 93) petrographisch nicht zu unterscheiden, sind aber vom OHNVS (Nr. 92) verschieden. Fossilien im HNVS (Nr. 95) siehe Nr. 103b–f, im LNVS Nr. 103h.

97. Eine Schichtlücke zwischen dem Nördlichen Vollschofter (Nr. 96) und den Fluviatilen Süßwasserschichten (Nr. 98) vermerken u. a. BATSCHE (: 292, 303 Abb. 9I) und SCHIRM (: 7, 18).

98. Die Fluviatilen Süßwasserschichten (FSWS) wurden wie die Limnischen Süßwasserschichten (Nr. 100) im Landshuter Gebiet nach Bohrgutbeschreibungen gedeutet. Weiter im NE kamen sie im Isar-Bereich bei Bauarbeiten zum Vorschein oder stehen an (s. SCHIRM: 8 Abb. 4). Als Dach-/Sohlenhöhen nennt SCHIRM auf Bl. 7339 Ergoldsbach bei Wörth 362,7/352,4 m (: 15, Abb. 7, 19) und bei Niederaichbach 363,6/353,8 m (: 16, 19), auf Bl. Dingolfing West bei Gummering 362,5/357,5 m (: 19, Abb. 7; vgl. BATSCHE 1957: 298 Abb. 8, 299). Die Mächtigkeiten sind durch Abtragung reduziert.

99. Eine Schichtlücke, ein „deutliches Erosionsrelief“ trennt Nr. 98 und Nr. 100 (BATSCHE: 292, 299, 303 Abb. 9 I; SCHIRM: 6 Abb. 3, 7, 76).

100. Auch die Limnischen Süßwasserschichten (LSWS) wurden zum Teil oder ganz abgetragen. Ihre Dachhöhen sind an den unter 98. genannten Orten gleich den Sohlhöhen der FSWS. Am Schlösselberg, Bl. 7340 Dingolfing West liegt das Dach auf 371,5 m (SCHIRM: 8), in der Bohrung Ohu, Bl. 7439 Landshut Ost auf 334,1 m (SCHIRM: Abb. 7, 19). Der Autor errechnet ein Gefälle von mindestens 5‰ längs der Isar zwischen Wörth-Niederaichbach und Ohu. Altersweisende Fossilien s. Nr. 103i. Da nach SCHIRM (s. Nr. 83) die Basis oder zumindest die untere Hälfte der LSWS im Helvet liegen dürfte, habe ich den den Spalten g–i „?“ gesetzt.

98., 100., 102. Beim Bezug der Fluviatilen (Nr. 98) und Limnischen Süßwasserschichten (Nr. 100) sowie der Oncophora-Schichten (Nr. 102) auf die entsprechenden Schichten Ostniederbayerns (vgl. B. HOFMANN: 26) ist entweder dieser Bezug oder die Auffassung von SCHLICKUM & STRAUCH vom dortigen abgeschlossenen Becken fraglich.

101. die Untergrenze der OSM legt SCHIRM (: 76) an jene der FSWS. Er stimmt darin mit NEUMAIER und Mitarbeitern (1955: 75; 1957: 5 Abb. 1) und GRIMM (1964: 150 Abb. 1) überein. B. HOFMANN (: 23) läßt die OSM „in der westlichen und östlichen Vorlandmolasse“ mit den Ablagerungen beginnen, „die sich nach dem Rückzug des Helvet-Meeress ... limnisch und fluvial gebildet haben“. „Die Untere Serie umfaßt die untere Partie der Oberen Süßwassermolasse“.

se“, deren Dach er nach Bohrungen bei rd. 335 m annimmt (: 25). „Unter diesen Ablagerungen folgen die Brackwasserschichten des Helvets (wahrscheinlich *Oncophora*-Schichten; s. u.).“

102. B. HOFMANN faßt (: 10) die *Oncophora*-Schichten und die zur OSM „überleitenden limnischen und fluviatilen Schichten (SBM, in Abb. 3)“ bzw. (: 26) die *Oncophora*-Schichten und die LSWS als Süßbrackwassermolasse zusammen. In Abb. 3 (: 17) steht die SBM unabgegrenzt zwischen Torton und Helvet. Ihre Obergrenze ergibt aus der Bestimmung der OSM-Sohle in Nr. 101. Die Abgrenzungen des Torton, der SBM und OSM werden allgemein im 11. Profil Nrn. 117–119 erörtert.

103. Altersweisende Fossilien und Einstufungen: Das hier behandelte Isargebiet ist durch relativ viele altersweisende Fossilfunde in einer gut gegliederten Schichtfolge ausgezeichnet. Anordnung profilabwärts. Über nicht-altersweisende Fossilien siehe die zitierte Literatur. *Brachypotherium brachypus* nennt DEHM (1957: 35, 40) aus der mittleren und jüngeren Serie, aus letzterer (HGS) auch MEIER (: 37, 38). *Dorcatherium crassum* ist bei DEHM (1957: 36) in der unteren und mittleren Serie, bei MEIER (: 40) auch in der jüngeren Serie (HGS) vertreten und kommt schon in den Kirchberger Schichten vor (WERNER 1975b: 52; HEIZMANN & a. 1980: 4). *D. crassum* ist der einzige angeblich aus der Weißerde (von Achdorf bei Landshut) stammende Säugerfund (s. SCHULZ 1926: 333).

a) Zu Nr. 84, HGS: *Dinotherium* aff. *giganteum* bei Furth und Schießeneck (Bl. 7438 Landshut West bzw. 7538 Buch am Erlbach); *Mastodon* aff. *longirostris* in den Weißerdegruben bei Achdorf (Bl. 7438) (MEIER: 4, 37f.; vgl. B. HOFMANN: 59)⁸). Alter: Sarmat.

b) Zu Nr. 92, OHNVs: *Dinotherium bavaricum* bei Stürming und Maierhof (Bl. 7440 Aham) (GEBHARDT 1964: 15–17, 28–29; SCHIRM 1964: 49; vgl. B. HOFMANN: 50). Alter: Ober-Torton (Baden), s. Nr. 103j.

c) Zu Nr. 93?, 95?, HNVS: *Dinotherium bavaricum* bei Landshut, Pfettrach, *Mastodon angustidens* bei Landshut, Englberg, Kumpfmühle, Altdorf und Achdorf (Bl. 7438 Landshut West) (MEIER: 4, 16f.). *Dinotherium bavaricum* bei Engkofen, *Mastodon angustidens* bei Oberbubach (Bl. 7440 Aham) (GEBHARDT: 6, 30–31). Alter: Ober-Torton, s. Nr. 103j.

d) Zu Nr. 93, UHNVS: Landschnecken, u. a. *Pomatias consobrinum* (Torton) und sehr selten die limnischen *Gyraulus* und *Bithynia* bei Gündlkofen (Bl. 7438 Landshut West), 422 m ü. NN., 13 m unter dem ZM (GALL 1980: 54 Abb. 2, 68f.; BLISENBACH 1957: 24, Erstfund; MEIER: 15–16). Vertebraten s. DEHM in MEIER (: 15–16), Cricetiden s. FAHLBUSCH (1964: 102, 132, 133). Alter: Säugereinheit MN 6, Baden, doch etwas jünger als Sandelzhausen (MN 6), das mit dem um ca. 30 m tieferen „Süßwasserkalk-Horizont“ (s. Nr. 94) zu korrelieren ist (GALL 1980: 51, 59f., 72). Gündlkofen liegt also im oberen Teil des süddeutschen Torton (s. ZÖBELEIN 1983: 175 Tab. 2).

e) Zu Nr. 93, „untere Partien“ des HNVS: Land- und weniger Süßwasserschnecken, u. a. *Pomatias consobrinum*, dazu Najaden bei Maßendorf (Bl. 7440 Aham), 435 m (GEBHARDT) bzw. 430 m ü. NN. (SCHÖTZ), (GEBHARDT 1964: 6, 26–27). Kleinsäuger siehe SCHÖTZ (1979: 465, 467; 1980: 130–131; 1983). Alter: Torton; nach Kleinsäufern „noch dem Karpat zuzuordnen“, wohl MN 5. Also unterer Teil des süddeutschen Torton.

f) Zu Nr. 93, UHNVS: *Dinotherium bavaricum* bei Haag (Bl. Landshut Ost), 450–457,5 m ü. NN. (SCHIRM: 6 Abb. 3, 31; vgl. B. HOFMANN: 33). Alter: Ober-Torton (Baden), s. Nr. 103j.

⁸) Laut freundl. Mitt. von Herrn Prof. Dr. K. HEISSIG (s. auch 1983: 77) wurden umbenannt: *Mastodon angustidens* in *Gomphotherium angustidens* und *Mastodon longirostris* in *Tetralophodon longirostris*. *Mastodon* aff. *longirostris* bezeichnet UNGER (1978: 16) als *Gomphotherium angustidens steinheimensis*, SCHMIDT-KITTLER (in UNGER 1978: 106) als *Gomphotherium angustidens* (var. *steinheimensis*).

g) Zu Nr. 94, ÄSWK: Najaden neben Süßwasserschnecken und wenigen Landschnecken bei Wolfstein (Bl. 7439 Landshut Ost). In entsprechender Schicht fand BESCHOREN *Pomatias consobrinum* (SCHIRM: 35–37; vgl. B. HOFMANN: 39f.). Alter: Nach *P. consobrinum* Torton, nach Najaden wahrscheinlich Torton.

h) Zu Nr. 96, LNVS: *Mastodon angustidens* bei Stockhaus (Bl. 7439 Landshut Ost), Kgr. 385–397 m ü. NN., (SCHIRM: 6, 29; vgl. B. HOFMANN: 27).

i) Zu Nr. 100, LSWS, oberster Bereich, bei Niederaichbach/Isar, Bl. 7340 Dingolfing West, auf 371,5 m. Land- und Wasservertebraten, einzelne Landschnecken, det. DEHM und FAHLBUSCH in SCHIRM (: 6, 9f., 13; vgl. B. HOFMANN: 25–26). Weitere Kleinsäuger (SCHÖTZ 1979; 1980). Alter: Tiefes Torton (FAHLBUSCH in SCHIRM: 13); wohl MN 5, doch älter als Maßendorf (e) (SCHÖTZ 1980: 131). SCHIRM vergleicht (: 12) den Ausgang der Limnischen SWS mit jenem an SUTTER's Fundpunkt Forsthart in Ostniederbayern (s. 11. Profil Nr. 116).

Vergleich der Kleinsäuger-Fundpunkte: Es liegen d) Gündlkofen auf 422 m (25–30 m am Landshuter Abbruch abgesunken!), im UHNVS und in MN 6; e) Maßendorf auf 430 oder 435 m, in den „Unteren Partien“ des HNVS und in MN 5; i) Niederaichbach auf 371,5 m, in Limnischen SWS und in M 5. – Die Grenze zwischen MN 5 und MN 6 läge demnach im ungestörten Bereich zwischen 430 oder 435 m und rund 450 m.

j) Grenzen und Alter der DEHM'schen OSM-Serien⁹⁾

Zur Grenze ältere/mittlere Serie: Die ältere Serie ist „durch die Alleinherrschaft von *Mastodon angustidens* gekennzeichnet“. In der mittleren Serie führt ein Streifen von 15–25 km fast sämtliche damals bekannten 42 Vorkommen des *Dinotherium bavaricum* (DEHM: 1955: 83, 84, 87)¹⁰⁾. Auf Blatt Landshut Ost erscheint *Mastodon angustidens* im LNVS (Nr. 96; Fossilregister Nr. 103 h), *Dinotherium bavaricum* im UHNVS (Nr. 93; 103 f), im HNVS (Nr. 95; Nr. 103 c) und im OHNVS (Nr. 92; 103 b). Aus dieser Verteilung kann man schließen, daß DEHM's Grenze ältere/mittlere Serie der Grenze Liegender/Hangender Nördlicher Vollschorer entspricht. Sie wird also durch den Süßwasserkalk bzw. sein Äquivalent (Nr. 94) markiert, dem somit erhebliche stratigraphische Bedeutung zukommt. Die ältere Serie DEHM's ist im Isarbereich Unter-Torton (etwa Karpat), die mittlere Serie Ober-Torton (etwa Baden).

Zur Grenze mittlere/jüngere Serie: Das *Mastodon* aff. *longirostris* in der Hangendserie der Weißerdegrube von Achdorf/Landshut (Nr. 103 a) kennzeichnet zusammen mit den Funden von *Dinotherium* aff. *giganteum* im Isarbereich die jüngere Serie. Sie ist auch anderwärts durch diese Arten belegt. STIEFEL hatte (1957: 256–257) die obere DEHM'sche Grenze in Ostniederbayern zwischen Quarzrestschotter + Nördlichem Vollschorer/Südlichem Vollschorer + Hangendserie + Feldspatsanden festgelegt. „Im ganzen Arbeitsgebiet repräsentiert sie eine Schichtlücke zwischen zwei erheblich altersverschiedenen ... Schüttungseinheiten“¹¹⁾.

⁹⁾ Laut HEIZMANN (1984: 38) hat sich die DEHM'sche Dreigliederung der OSM „in der Praxis vielfach bestätigt und bewährt, gleichwohl lassen sich in einzelnen Punkten Korrekturen der von DEHM gegebenen Begründungen dieser Unterteilung nicht vermeiden, wie sich auch schon früher gezeigt hat (vgl. HEIZMANN 1973: 90)...“.

¹⁰⁾ Der Fund einer kleinen Form des *Dinotherium bavaricum* im Hoisberger Schotter der Fluvialen Süßwasserschichten auf Bl. 7641 Neumarkt-St. Veit, der bisher tiefste in der OSM, wurde durch GRIMM schon 1953 (: 57) bekannt (s. dazu ZÖBELEIN 1983: 181). *Deinotherium* aff. *bavaricum* beschreibt HEIZMANN (1984) aus den Kirchberger Schichten von Langenau 1.

¹¹⁾ Nach STIEFEL (1957: 257) überdeckte nach Ende der Molassesedimentation „die jüngere Einheit flächenhaft alle älteren Ablagerungen“. „Erst die nachunterpliozäne Abtragung hat die Grenze [mittlere/jüngere Serie] wieder freigelegt.“ Diese Aussage, die mir (1983: 180) nicht bekannt war, erklärt bereits prinzipiell die heutige Verbreitung der drei DEHM'schen Serien im Molassebecken.

Im weiteren Isargebiet verläuft DEHM's Grenze mittlere/jüngere Serie an der Unterfläche der Schichtlücke Nr. 87 und damit über dem Dach der Bentonite oder, wo diese fehlen, ihres Liegenden.

Die jüngere Serie gehört in ihrem unteren Teil zum Sarmat. Denn nur den jüngsten Großsäuger in der südbayerischen Molasse, das *Mastodon longirostris* von Leithen bei Geratskirchen (Bl. 7641 Neumarkt-St. Veit; s. GRIMM 1953: 64; 1957: 142) stuft DEHM (1955: 82–83) in das sichere „Unterst-Pliocän (Unter-Pont)“ (= Unter-Pannon) ein. Zu diesem oberen Teil der jüngeren Serie gehört auch die Kleinsäugerfauna von Hammerschmiede (MAYR & FAHLBUSCH 1975). Dort wurde nach freundl. Mitt. von Herrn Prof. Dr. HEISSIG inzwischen auch das *Mastodon* (= *Tetralophodon*) *longirostris* gefunden.

11. Profil (Nrn. 104–119)

104. Die Spalten in UNGER's Gliederungsschema des Jungtertiärs auf Blatt L 7342 Landau a. d. Isar (1983a: 14 Tab. 1) habe ich mit a–f bezeichnet und die Spalten g (mit den „Lithozonen L 1 – L 4“), h und i aus UNGER (1983b: 15 Tab. 1, 16 Tab. 2) beigelegt. Die Spalten j bis l dienen zum Vergleich. Das Profil ist bis einschließlich der Limnischen Süßwasserschichten abgeschlossen. Den älteren erbohrten tertiären und vortertiären Untergrund bis zum Kristallin stellt UNGER im Text und in Tabellen dar. BUCHNER hat (1963: 5 Abb. 2) eine Tertiärgliederung für Positionsblatt 1:25 000 Nr. 534 Landau erstellt, die im ganzen jener des 10. Profils entspricht. Er verwendet die gleichen Schichtnamen und -kürzel wie die Autoren, die im näheren und weiteren Isargebiet gearbeitet haben (s. 10. Profil Spalten b und d). Entsprechende Schichten des 10. und 11. Profils wurden einander gegenübergestellt.

105. UNGER schreibt (1983a: 48), „daß die stratigraphische Stellung der einzelnen Schichtglieder (Sperrung vom Verf.) in Tab. 1 ab dem Baden aufwärts nur in ihrer relativen Altersstellung zueinander eingeordnet ist, diese Tabelle nur bedingt exakte stratigraphische Aussagen gestattet. Zur Zeit kann die zeitliche Gliederung der Oberen Süßwassermolasse noch nicht endgültig festgelegt werden“. Das betrifft auch die Einstufung der Limnischen Süßwasserschichten und der „Lithozonen“ (s. unten). Auf die noch unsichere Korrelierung der süddeutschen OSM-Stufen mit den Stufen der Zentralen Paratethys habe ich (1983: 174, 182) hingewiesen.

106. Eine typische Hangendserie konnte nicht beobachtet werden (BUCHNER: 54, 62, 97; UNGER 1983a: 51). Die „Moldanubische Serie“ liegt immer über der Mischserie (Nr. 107), und zwar in einem Relief (UNGER 1983a: 49, 51). (Anderswo verzahnen sich Hangendserie und Moldanubische Serie.) Auf BUCHNER's Gebiet kann „Eine Verzahnung zwischen beiden ... nur vermutet werden“ (: 54). BESCHOREN erwähnt (1955: 62) aus „Feldspatsanden“ nach Hinweis von DEHM *Mastodon angustidens* forma typica von Bartlsberg und S Schierling. BUCHNER beschreibt (: 58–60) von Bartlsberg außerdem *Dicerorhinus germanicus* WANG (= *Didermocerus sansaniensis* LARTET) (s. SCHMIDT-KITTLER 1978: 103). Da die Mastodon-Zähne keine Spur mechanischer Beanspruchung aufweisen, erscheint es BUCHNER wahrscheinlicher, daß die Art vereinzelt neben *Mastodon* aff. *longirostris* in der jüngeren Serie DEHM's vorkommt. Später hat GEBHARDT (1964: 15 f., 81, 87) bei Stürming (Bl. 7440 Aham) um 470 m einen „Älteren Mischsand“ innerhalb des Oberen Hangenden Nördlichen Vollschotters beschrieben. Er ähnelt zwar weitgehend den Feldspatsanden, ist aber aus alpinen und moldanubischen Anteilen, Vorläufern der Moldanubischen Serie gemischt. 5 m darüber wurden 2 Stoßzähne von *Dinotherium bavaricum* geborgen, womit für diese Fundschicht mittlere DEHM'sche Serie, Ober-Torton erwiesen war. Ein dem „Älteren Mischsand“ entsprechendes Sediment hat SCHIRM (1964: 46 f., 79 f.) bei

Nirschlkofen (Bl. Landshut Ost) auf 476 m im OHNVS gefunden. Laut SCHIRM (: 108) läßt „Das Schwermineralbild ... keinen Vergleich mit den Sanden der MS aus der jüngeren Serie zu. Die Grobsandfraktion kann aber dennoch aus der Böhmisches Masse stammen.“ Da auch bei BUCHNER (: 88) „häufig nicht rein moldanubische Sedimente“ vorliegen, zudem die HGS nicht sicher nachgewiesen und ihre Verzahnung mit der MS nur vermutet wurde, ist die Herkunft von BUCHNER's Großsäugern aus einem ähnlichen Älteren Mischsand des Ober-Torton anzunehmen.

Alter der „Moldanubischen Serie“: Im Register der Wirbeltierfunde (UNGER 1983a: 79 Tab. 7, vgl. Tab. 8) wird ein namentlich nicht genannter Fund aus der „? Moldanubischen Serie?“ angegeben. Das oben Gesagte läßt daran zweifeln, daß überhaupt Moldanubische Serie als Bestandteil der jüngeren Serie DEHM's vorliegt. Wenn man den Verlauf der DEHM'schen Grenze ältere/mittlere Serie auf der Molassekarte in die Landauer Gegend extrapoliert und das dortige Fehlen von *Dinotherium* berücksichtigt, liegt das Blattgebiet wahrscheinlich in der älteren Serie DEHM's. Ein Hinaufreichen der „Moldanubischen Serie“ in die mittlere Serie möchte ich angesichts der Situation bei Stürming und der stratigraphischen Stellung des Süßwasserkalks (Nr. 109) nicht ausschließen. – Laut HEISSIG (in UNGER 1983a: 77) kann keiner der Elefantenfunde jünger sein als DEHM's mittlere Serie, „die hier als ‚Sarmat I‘ bezeichnet wird“. „Sehr wahrscheinlich gehören diese Ablagerungen jedoch zur ‚älteren Serie‘ DEHM's, die sich durch das Fehlen von *Dinotherium* auszeichnet.“ HEISSIG vermutet, daß diese ältere Serie und das sog. ‚Sarmat I‘ im wesentlichen ins Karpat zu stellen ist, während die mittlere Serie etwa dem Baden entspricht. „Kein einziger Säugetierfund deutet auf höheres Mittelmiozän (dieses ‚Sarmat II‘ entspricht allein dem echten Sarmat des Wiener Beckens) oder Obermiozän (Pont) hin.“ Von diesen säugetierstratigraphischen Aussagen, die auch die „Moldanubische Serie“ (Bartlsberg) umfassen, weicht UNGER's Gliederung im 11. Profil, Spalten c und h ab. Die Anwesenheit von „Sarmat II“ begründet UNGER durch Schwermineralanalysen (s. unsere S. 258). Pannon und Pont sind auf Bl. Landau jedenfalls nicht vertreten.

107. Die Mischserie (der Mischhorizont früherer Autoren) führt alpine und moldanubische Gemengteile (UNGER 1983a: 49f.). BUCHNER scheidet (: 54f.) nur „Hangendserie/Moldanubische Serie“ (: 5 „HGS ?/MS“) aus.

108. Die Schichtlücke unter BUCHNER's HGS ?/MS kann bis auf den Süßwasserkalk (SK) hinabreichen (: 5 Abb. 2). UNGER zeichnet (1983a: 14 Tab. 1) eine Schichtlücke zwischen Mischserie und Sarmat II ein, doch kann die Mischserie auch auf Sedimenten des Baden bis Sarmat (Sarmat I und II) und direkt auf LSWS lagern (: 46, 51).

Über den Nördlichen Vollschorer, der i. allg. unter der Schichtlücke folgt und im 11. Profil nur untergeordnet erwähnt wird, siehe 10. Profil, Nrn. 90–96. Über Sarmat I und II siehe dieses Profil Nrn. 110 und 111. – BATSCHE (: 284⁸) hat auf Positionsbl. 534 Landau a. d. Isar Sandmergeldecke und Weißerde nicht beobachtet.

109. Der Süßwasserkalk liegt stratigraphisch etwas höher, als es im 11. Profil wegen der Korrelation zeichnerisch dargestellt ist (vgl.: 252). Der Süßwasserkalk UNGER's (1983a: 43f.) entspricht jenem BATSCHE's (1957: 268f.), SUTTER's (1960: 38f.) und BUCHNER's (1963: 38f.); (vgl. auch 10. Profil Nr. 94). Nach BATSCHE (: 269) wurde er in einem See auf der damaligen Landoberfläche gebildet. „Der Süßwasserkalk liegt fast überall mit scharfer Grenze über dem Liegenden Nördlichen Vollschorer.“ Nach UNGER (1983a: 43, 44, 45 Abb. 7) liegt eine „Süßwasserkalkabfolge“ mit eingeschalteten Kies- und Sandlagen vor, die wahrscheinlich in einzelnen, eng begrenzten Senken abgelagert wurde. „Der Süßwasserkalk ... tritt immer mit scharfer Grenze im Hangenden des Sarmat I auf.“ Demnach trennt er also Sarmat I und II.

Alter des Süßwasserkalks: Da nach UNGER (1983a: 47–48) „die bisher gefundenen Faunen für eine exakte Einstufung nicht ausreichten, wurde der Süßwasserkalk ... an den Übergang

Mittel- zu Obermiozän gestellt“, also (s. 11. Profil) in das Sarmat. Das widerspricht UNGER's Einstufung der „Mergel- bis Kalkmergelzwischenlage“ (1982: 5, 7), die „in Sandelzhausen reiche Fossilfunde (Abb. 4)“ geliefert und „eine Einstufung dieser Mergel in das mittlere Baden (FAHLBUSCH 1964: 132)“ gestattet hat¹²⁾. UNGER hat 1982 (s.: 10 Tab. 3) Sandelzhausen in das mittlere Baden und zugleich in das mittlere Sarmat I gestellt. Nach GALL (1980: 72) liegt Sandelzhausen im Horizont des Süßwasserkalks und im Baden, nach SCHMIDT-KITTLER (1972: 83, 93) „am wahrscheinlichsten [in] dem tieferen Badenien“. Da der SWK zwischen dem Liegenden und dem Hangenden Nördlichen Vollschocher liegt (BATSCH, s. oben; unser 10. Profil Nr. 94), der etwa DEHM's ältere und mittlere Serie trennt (10. Profil Nr. 103j), ist er (ungefähr mittleres) Torton. Über die Stellung von Sandelzhausen in der OSM siehe auch ZÖBELEIN (1983: 167–168). Eine Einstufung in das mittlere Baden (MN 6) wird der Tatsache gerecht, daß das Karpat nur rund $\frac{1}{4}$ der absoluten Zeitdauer des „Torton“ einnimmt. UNGER's Einstufung des Süßwasserkalks weicht auch von HEISSIG's Beurteilung der Großsäugerfunde ab (s. Nr. 106). Nach UNGER (1983a: 48) handelt es sich bei seiner Einstufung „um einen Analogieschluß und nicht um eine faunistisch belegte Zeitmarke“.

110. UNGER führt 1976 die Begriffe Sarmat I und

111. Sarmat II ein (: 115, 117 Tab. 1, 120f., 125f.). Er meint (: 115), daß die nomenklatorische Änderung „der Sedimentcharakteristik eher gerecht würde und neutral wäre“. „Die ... Sarmat I-Schüttung ... ist in etwa mit dem ‚Nördlichen Vollschocher‘ gleichzusetzen“ (1976: 120, 117 Tab. 1) bzw. mit diesem identisch (1983b: 18). Die Bezeichnung ‚Nördlicher Vollschocher‘ erscheint ihm „von der faziellen Ausbildung her als nicht zutreffend“ (1976: 120), da „die grobklastische Komponente ... in der Gesamtheit einen sehr geringen Prozentsatz am Gesamtsediment“ ausmacht (1976: 124; 1983a: 41). „Die ... Sarmat II-Schüttung ... entspricht etwa dem ‚Südlichen Vollschocher‘. Es handelt sich um ein Umlagerungs- und Aufarbeitungsprodukt aus dem südlichen Bereich der OSM mit geringer Sedimentzufuhr aus den Alpen“ (1976: 125, teils kursiv, 115). Auch SCHWED & UNGER (1981: 93 Tab. 9) korrelieren noch „Südlicher Vollschocher (Sarmat II)“. (Der Südliche Vollschocher, SVS, reicht westwärts nicht mehr in das Blattgebiet L 7342 Landau hinein.) UNGER stellt (1976: 125) fest, „daß alle Serien nach Westen wie z. T. auch nach Norden feinkörniger werden und schließlich in Stillwasserablagerungen übergehen, in denen eine petrographische Grenzziehung fast unmöglich wird“. Dadurch wird „eine befriedigende Trennung zwischen Sarmat I – Sarmat II bis Pont nicht gestattet, bzw. in jedem Falle sehr erschwert“. „Die einzige Hilfestellung zur Stratifizierung des OSM-Komplexes bieten neben dem Auftreten von Kalkgeröllen, Kalkmergeln und regional begrenzten Sandmergeln die Säugetierfaunen, deren stratigraphischer Wert von R. DEHM erkannt wurde“ (1976: 132, teils kursiv). – Bemerkung: Nach diesem Verfahren, doch auch unter Berücksichtigung der Schotter und der Sedimentpetrographie, sind die Gliederungen früherer Autoren zustande gekommen.

UNGER's Schwermineralanalysen und Folgerungen: Ab 1981 unterscheidet UNGER Sarmat I und II in grobklastischen Abfolgen mittels Schwermineralien. „Mit den Schwermineralien konnten die Sand- und Kiesablagerungen in folgende Komplexe unterteilt werden: Sarmat I, Sarmat II, Mischserien, Moldanubische Serie, Hangendserie“ (1982: 3). Die Schwermineralanalysen aus allen von UNGER entnommenen Sedimentproben hat M. SALGER erstellt. Als Kriterien für Sarmat I und II gelten die Gehalte an Granat und Staurolith. Sie betragen bei Sar-

¹²⁾ FAHLBUSCH spricht (: 132) nicht von „mittlere(m) Baden“. Die damals bekannten Säuger aus der Kgr. Karber in Sandelzhausen ließen nur die Einstufung in oberes Torton oder unteres bis mittleres Sarmat zu. In das Baden (MN 6) stellt er Sandelzhausen ab 1972 (in CÍCHA & a.: 136).

mat I über 80 bzw. unter 5%, bei Sarmat II unter 80 bzw. über 7% (UNGER 1981: 194; 1982: 3, 8 Tab. 2; 1983a: 43, Beil. 2; 1983b: 19 Tab. 3; 1983c: 47, 48 Tab. 2)¹³). Doch meldet UNGER (1981: 194) Zweifel an seinen Korrelationen an: „Ob sich die von uns in Sarmat I und Sarmat II getrennten Komplexe ... mit dem Nördlichen Vollschorter (Sarmat I) und dem Südlichen Vollschorter (Sarmat II) decken, ist noch offen. Bisher wurde davon ausgegangen, doch sind die Beweise dafür noch nicht voll überzeugend.“

Laut UNGER (1982: 3; 1983a: 48) sind „Die Bezeichnungen ‚Sarmat I‘ und ‚Sarmat II‘ ... als Arbeitstitel schwermineralanalytischer Definition zu verstehen und haben nur bedingt stratifizierende Aussagekraft“. Er spricht auch von „Arbeitsbezeichnungen“ (1983a: 41; 1983b: 9, 17). „Die Hangendserie ... zeigt nach bisherigen Erkenntnissen im allgemeinen annähernd das Schwermineralspektrum des Sarmat I.“ Deshalb ist die Einstufung eines Sediments in die Hangendserie „ein sehr unsicheres Unterfangen“ (1982: 3). „Erst als die von GRIMM (1957) beschriebenen [„faunistisch belegten“] Aufschlüsse im ‚Südlichen Vollschorter‘ systematisch untersucht wurden, stellte sich heraus, daß das als ‚Sarmat II‘ benannte Sediment keinesfalls dem ‚Südlichen Vollschorter‘ entsprechen könne“ (UNGER 1983b: 25, 28; 1982: 3, 9). Auch „Untersuchungen an Bentoniten Niederbayerns (UNGER 1981) und im Raume Mainburg (UNGER 1982) erbrachten dann den Nachweis, daß das ‚Sarmat II‘ der faunistisch definierten mittleren Serie (sensu DEHM) entspricht und nicht dem ‚Südlichen Vollschorter‘. Aus diesen Erkenntnissen resultiert die hier vorzulegende Einteilung der einzelnen Schüttungszyklen der Oberen Süßwassermolasse in Lithozonen“ (1983b: 26). Dem entsprechen auch die Tabellen (1983b: 15 Tab. 1, 16 Tab. 2).

Bemerkung: Den Südlichen Vollschorter hatten alle damit befaßten Geologen seit GRIMM (1953) und STIEFEL (1953) zusammen mit der Hangendserie und der Moldanubischen Serie in den oberen Teil der OSM gestellt (vgl. NEUMAIER 1955: 75; 1957: 5 mit dem Hinweis auf Autoren). GRIMM (1957: 151) nennt diesen Teil den „3. Abschnitt“ der Schichtfolge, STIEFEL (1957: 254) ihn „Einheit 3“. Die Zugehörigkeit des Südlichen Vollschorthers zur jüngeren Serie DEHM's hatten GRIMM (1953: 59 f.; 1957: 138 f.), STIEFEL (1957: 254) und OELTZSCHNER (1965: 55) auch durch die darin vorkommenden Großsäuger bewiesen. Aus den OSM-Einheiten, darunter dem Südlichen Vollschorter, lagen auch Schwermineralanalysen vor (s. z. B. GRIMM 1957: 167–170; STIEFEL 1957: 235 f.).

UNGER's „Lithozonen“: Laut UNGER (1983b: 9) gaben die „Arbeitsbezeichnungen ‚Sarmat I‘ und ‚Sarmat II‘ ... des öfteren zu Mißverständnissen Anlaß. Deshalb wird nun versucht, diese Arbeitsbezeichnungen in eine lithofazielle Gliederung der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns einzubringen“. „Die Seriengliederung ist mit den bekannten Problematika behaftet [nämlich (: 12–13) einer stratigraphischen Gliederung auf engem Raum]. Diese Schwierigkeiten könnte man dadurch umgehen, daß man die Seriengliederung der Oberen Süßwassermolasse durch eine lithologische beziehungsweise lithofazielle Zonengliederung ergänzt,

¹³) UNGER bezeichnet (1983a: 45 Abb. 7) die Probe Nr. 15 als „Sarmat I“, in Beil. 2 aber als „Moldanubische Serie“; Nr. 16 als „Süßwasserkalkabfolge“, in Beil. 2 als „Sarmat I“; Nr. 18 als „Moldanubische Serie“, in Beil. 2 als „Mischserie“. Die (1983a: 49) als „typisches Sarmat II“ bezeichneten Proben Nr. 58 und 79 sind in Beil. 2 „Sarmat I“; Nr. 84 fehlt in Beil. 2. Bei UNGER (1983a: 40) laufen die Proben Nrn. 80–82 unter „Fluviatile Süßwasserschichten“, in Beil. 2 teils als „Mischserie“ (Nrn. 80, 81), teils als „Sarmat II“ (Nr. 81). – In dieser Beil. 2 sind die Nrn. 55 (Bl. 7342) und 38 (Bl. 7343) „Sarmat II“. Nach seiner Begriffsbestimmung wären sie mit Granat-/Staurolith-Anteilen von 95/3 bzw. 85/6% aber in das „Sarmat I“ zu stellen. Nr. 41 (Bl. 7343), „Sarmat I“, unterscheidet sich mit 39% Granat und 16% Staurolith von allen „Sarmat I“- und „Sarmat II“-Proben (vgl. 1983b: 19 Tab. 3) und könnte zur „Mischserie“ gehören. Ein ähnliches Granat-/Staurolith-Verhältnis zeigt SCHIRM's mittelstark verwitterter OHNVS, Probe Nr. 4 (1964: Abb. 39 n. S. 85; auch in B. HOFMANN: 52 Abb. 5).

wozu sich der kombinierte Begriff ‚Lithozone‘ anbot. Diesen Begriff möchte ich deshalb, in Anlehnung an MEIN (1975, ‚Neogene Mammal Units‘) und GREGOR (1982, ‚Phytozonen‘), in der Oberen Süßwassermolasse einführen“¹⁴⁾ (UNGER 1983b: 9, Phytozonen: 15 Tab. 1). „Als Lithozone wird im Bereich der Oberen Süßwassermolasse Ostbayerns ein limnisch-fluvialer Schüttungszyklus verstanden, der in einem bestimmten, faunistisch belegbaren Zeitintervall zur Sedimentation gelangte, und zwar über weite Bereiche des Molassebeckens hinweg“ (1983b: 10). In seiner Tab. 2 (1983b: 16) koordiniert UNGER dann für SE-Bayern L 1 mit den Süßwasserschichten, L 2 mit dem Sarmat I, ‚Nördlicher Vollschocher‘ etc., nach einer Schichtlücke L 3 mit dem Sarmat II, bestehend u. a. aus der Zwischenfolge mit Bentoniten, Süßwasserkalken etc. und nach einer weiteren Schichtlücke L 4 mit dem ‚Südlichen Vollschocher‘, der Mischserie, der ‚Hangendserie‘ und der Moldanubischen Serie¹⁵⁾. Den hier vorliegenden Bezug auf die Stufen der Paratethys hat UNGER in der Publikation von 1979 eingeführt, die ansonsten bis auf geringfügige Änderungen jener von 1976 gleicht. Die obige Gliederung (1983b: 16 Tab. 2) erscheint vereinfacht und etwas verändert nochmals (1983c: 42 Tab. 1). Darin werden die „Süßwasserschichten i. w. S.“, L 1, auf das Karpat beschränkt (opp. 1983a: 14 Tab. 1; 1983b: 16 Tab. 2) und wie seit 1976 (: 117 Tab. 1, 120) zur OSM gestellt (s. Nrn. 114, 116). L 3 fällt in eine Schichtlücke.

Diskussion zu UNGER's „Sarmat I“ und „Sarmat II“

a) Die Begriffe „Sarmat I“ und „II“ verwendet UNGER in allen Veröffentlichungen von 1976 bis 1983b, ab 1982 allerdings abgewertet als „Arbeitstitel“ bzw. „Arbeitsbezeichnungen“ mit „nur bedingt stratifizierende(r) Aussagekraft“ (1982: 3). Er hat die Begriffe eingeführt, um fluviatile Grobschüttungen in das Molassebecken und ihre randwärts feinerkörnigen Entsprechungen sowie anderwärtige Äquivalente, etwa in Oberösterreich unter einem Namen zusammenzufassen. Fraktionierung von Schüttungen sind eine allgemeine Erscheinung. Der Zusammenhang von grob-, mittel- und feinkörnigen Anteilen kann durch geologische, paläontologische und sedimentpetrographische Untersuchungen geklärt werden. Da laut UNGER (1976: 125) bei Kornverfeinerung eine befriedigende Grenzziehung zwischen Sarmat I, II und Pont nicht gestattet bzw. sehr erschwert ist, hat die Umbenennung älterer Begriffe in „Sarmat I“ und „II“ keinen Fortschritt gebracht.

Die Begriffe „Sarmat I“ und „II“ sind mit stratigraphischen Aussagen verknüpft, die nicht zutreffen. UNGER übernimmt (1976: 119; 1978: 74) „vollinhaltlich“ die Gliederung DEHM's (1955). Tatsächlich weicht er aber ohne Begründung davon ab. Er bezeichnet die „Süßwasserschichten i. a.“ als etwa unteres und mittleres Torton (1976: 117 Tab. 1), andererseits (: 120) als „Mittleres bis oberes Torton (n. R. DEHM 1955)“. Bei DEHM ist die ältere Serie aber „Torton“. UNGER's „Sarmat I“ ist „Oberes Torton bis mittleres Sarmat“ und sein „Sarmat II“ „Mittleres Sarmat bis tieferes Pont“ (1976: 117 Tab. 1, 124, 125, 126; 1978: 77, 78, 79, 85). DEHM's mittlere Serie ist Unter- und Mittel-Sarmat. DEHM hat seinen 3 Serien keine Schichten zugeteilt. UNGER's Schichtzuweisungen und Einstufungen (1976; 1978) „(n. R. DEHM 1955)“ und deren Fortführung erfolgten also nach seinem Gutdünken. Seine Serien stimmen wegen dieser Divergenzen nicht mit jenen DEHM's überein. UNGER stellt noch 1983b (: 15 Tab. 1) die „Ältere Serie“ DEHM's als „Sarmat I“ dar, obwohl an deren Torton-Alter (abgesehen vom Anteil an ‚Süßwasserschichten‘) nie ein Zweifel bestand und er selbst (s. oben) anders stratifiziert hatte. Die „Mittlere Serie“ sei „Sarmat II“. Dabei läßt UNGER wie bei der Einstufung der Bentonite

¹⁴⁾ Bei MEIN (1975: 79) „zones de mammifères“; 1979: 83 „M. N. signifiant Mammifères Néogènes“. FAHLBUSCH spricht (1981: 123, 125) von „MN-Einheiten“ „(mammal units)“, die formell aber nicht als Zonen bezeichnet und zu Stufen zusammengefaßt werden dürfen.

¹⁵⁾ In dieser Tab. 2 lies statt *Hyoherium* „soemmeringi“ und „solmerringi“ *soemmeringi*, statt „Kligia“ *Klikia* und auf S. 15 Tab. 1 statt „*movavica*“ *moravica*-Verband.

außer Betracht, daß diese Serie inzwischen (DEHM 1962; HEROLD 1970; GALL 1971; B. HOFMANN 1973) als oberes Torton galt. UNGER's Einführung der Begriffe „Sarmat I“ und „II“ war also im Hinblick auf die herkömmliche Stratigraphie unhaltbar. Die Umstellung auf die Stufen der Zentralen Paratethys konnte diesen Mangel nicht beheben. Wie das 11. Profil Spalte h zeigt, umfaßt das Sarmat I teils Baden + teils Sarmat, das Sarmat II nur einen Teil des Sarmat. UNGER war sich selbst nicht darüber im klaren, was Sarmat I und II ist. Das ergibt sich aus Folgendem.

b) Zu UNGER's Definitionen und Einstufungen des Sarmat I und II. UNGER's wechselnde Abgrenzungen und Korrelierungen seines Sarmat I und II werden im folgenden dargestellt und erläutert.

Tabelle 3: UNGER's Stratifizierungen von Sarmat I und II (Kürzel siehe 10. Profil, Spalten b und d. Dazu S I und S II = Sarmat I und II; SVS = Südlicher Vollschocter; ZF = Zwischenfolge).

1976 oder		1981; 1982		1983 a		1983 b	
[a]	[b]						
	S II	HGS			S II	ZF etc.	S II
SMD + NVS	S I	SMD + SVS	S II	ZF = SMD		Mergel,	
		ca. 430				NVS	S I
		- 410 m					
			S I		SWK		
					S I		

1976 (: 124) läßt UNGER offen, ob [a] die Sandmergeldecke auf Bl. 7439 Landshut Ost in 475 m ü. NN. (s. B. HOFMANN: 44) „den hangenden Abschluß des Sarmat I („Nördlichen Vollschocters“) bildet“. [b] „Eine andere Möglichkeit wäre, daß die Sandmergeldecke die Grenze Sarmat II („Südlicher Vollschocter“) zur Hangend-Serie bildet und der horizontbeständige Mergel bei 400 m NN die Grenze Sarmat I zu Sarmat II.“ Auf UNGER's zunächst irrtümliche Einstufung des SVS in das Sarmat II wurde verwiesen. Er nimmt dann (: 124) „die Obergrenze Sarmat I bei ca. 430 m“ an, die weiter im N auf 410–420 m absinken dürfte. Mergelhorizonte finden sich auf Bl. Landshut Ost bei rd. 395 m, 410 m (Süßwasserkalk) und 460–465 m (Zwischenmergel) (B. HOFMANN: 34, 10. Profil Nr. 91). UNGER's Abgrenzungen von Sarmat I und II [a oder b] sind also profil- wie höhenmäßig unsicher. – In unserer Tab. 3 ist UNGER's Gliederung auf Bl. L 7740 Mühldorf a. Inn (1978: 17 Tab. 2, 76–77) nicht dargestellt. Er schreibt, daß die Grenze zwischen Sarmat II und der Hangend-Serie „aufgrund des langsamen faziellen Wechsels als fließend betrachtet werden muß“. „Sinnvoller erschien es für das bearbeitete Blatt, auf eine starre Grenzziehung zwischen Sarmat II und Hangend-Serie in diesem Abschnitt zu verzichten.“ In der Neugliederung der OSM zeichnet er aber dann (1983b: 16 Tab. 2) eine Schichtlücke zwischen beiden ein, die tatsächlich weit verbreitet ist. – 1981 (: 197 Abb. 2) legt UNGER das Sarmat I unter, das Sarmat II über die bentonitführende Zwischenfolge. „Östlich der Linie Landshut–Geisenhausen–Vilsbiburg ... lagert im gleichen stratigraphischen Niveau [wie die Zwischenfolge] als Auflagerung auf dem Sarmat I der sogenannte Süßwasserkalk“ (UNGER 1981: 202). Diese Korrelierung trifft nicht zu, da der Süßwasserkalk innerhalb des Nördlichen Vollschocters, die Zwischenfolge aber an dessen Top liegt (s. 10. Profil Nr. 94 bzw. 89). Die Abgrenzung von Sarmat I und II ist also auch hier unsicher. – 1982 (: 5, 7) unterstreicht UNGER seine obige Stratifizierung, wonach sich inzwischen gezeigt habe, „daß diese so-

genannte Sandmergeldecke . . . an der Grenze Sarmat I zu Sarmat II in Verbindung mit den Bentoniten liegen kann (UNGER 1981)“. Den rotbraunen, feinkiesigen Grobsand über seiner Zwischenfolge bezeichnet UNGER (1982: 9) als Sarmat II. – 1983a weicht UNGER von dieser Lagebeurteilung des Sarmat I und II ab: Der „von BATSCHE (1957) beschriebene und definierte“ Süßwasserkalk „tritt immer mit scharfer Grenze im Hangenden des Sarmat I auf“ (: 43, 48, 49, 45 Abb. 7). „Im Aufschluß ist das Sarmat II nur in den seltensten Fällen, beispielsweise bei Lagerung im Hangenden des Süßwasserkalkes, als solches ansprechbar“ (: 48–49). – 1983b (: 16 Tab. 2) charakterisiert UNGER das Sarmat I als „Mergel, Nördlicher Vollschorer“ und das Sarmat II als „Mergel?, Kies, Sand, Kohle, Zwischenfolge mit Bentoniten, Süßwasserkalken“.

UNGER's Sarmat II liegt also über der SMD = ZF mit den Bentoniten (1976[a]; 1981; 1982; 1983b) und (opp.) über dem SWK (1976[b]; 1983a). Das Sarmat I setzt UNGER (1983b: 15 Tab. 1) der älteren Serie DEHM's gleich, wovon er den Anteil an „Süßwasserschichten“ als L 1 abtrennt. Sollte mit dem (1983b: 16 Tab. 2) im Sarmat I aufgeführten *Dinotherium bavaricum* jenes aus dem Hoisberger Schotter der FSWS gemeint sein, so wäre es nach L 1 zu versetzen. In dieser Tab. 2 nennt UNGER im Sarmat II u. a. das für DEHM's mittlere Serie bezeichnende *Dinotherium bavaricum* sowie *Gomphotherium angustidens*, das profilhöher nicht bekannt ist. DEHM's mittlere Serie unter den Bentoniten kann also nicht wie bei UNGER (1983b: 16 Tab. 2) dem Sarmat II, bestehend aus der „Zwischenfolge mit Bentoniten“ etc. gleichgestellt werden. Gemäß den Faunen ist das Sarmat II (wie in 1983a geschehen) tiefer zu legen und entspricht dann dem „Hangenden“ (= Oberen) Nördlichen Vollschorer samt der Sandmergeldecke und den Bentoniten, während das Sarmat I dem „Liegenden“ (= Unteren) Nördlichen Vollschorer entspricht. Das Sarmat I ist also der älteren Serie DEHM's (ohne den Anteil an „Süßwasserschichten“), das Sarmat II der mittleren Serie korrelat, wie sich aus der Faunenabfolge (10. Profil Nr. 103j) ergibt. Von UNGER's Definitionen des Sarmat I und II habe ich nach einiger Mühe jene von 1983a in das 11. Profil eingesetzt.

c) Zum Alter der OSM-Schichten bei Landau und Aubenham: Wie Sarmat I und II zu korrelieren sind, hängt von deren wechselnder Definition ab (s. Abschnitte a und b). Sofern man die im 11. Profil gewählte Fassung zugrunde legt und berücksichtigt, was zum Alter der „Moldanubischen Serie“ (Nr. 106) gesagt wurde, ist auf Bl. L 7342 Landau bisher nur (Unteres) Torton (etwa Karpat), also DEHM's ältere Serie faunistisch belegt. Dorthin wären also Sarmat I und II (L 2 und L 3) zu stellen. Wenn aber der Süßwasserkalk des 11. Profils jenem bei Sandelzhausen (s. Nr. 109) entspricht, ist auch die mittlere Serie DEHM's (das Obere Torton, etwa Baden) vertreten. Ihr wäre dann das Sarmat II (L 3) zuzuordnen, wenngleich faunistische Hinweise noch fehlen. Wegen der Lage des Blattgebietes am Rand des Molassebeckens ist es sehr unwahrscheinlich, daß dort noch der sarmatische Anteil der jüngeren Serie vorkommt. Im Hinblick darauf und auf die Fossilführung des Liegenden kann die Existenz von Pannon im 11. Profil ausgeschlossen werden.

In UNGER's Veröffentlichung (1983b: 16 Tab. 2) und in jener über die Flora von Aubenham (1983c: 42 Tab. 1) erscheint wiederum Pannon und dazu Unter-Pont. Die Flora stammt aus der Hangendserie auf Bl. L 7740 Mühldorf a. Inn (UNGER 1978: 91, 101 Abb. 23, 102). „Als Säugerzone kommt für Aubenham nur der Übergang von MN 10 zu 11 in Frage“ (1983c: 58). „Zusammenfassend kann man sagen, daß die Aubenhamer Flora mit größter Wahrscheinlichkeit an die Grenze Pannon (E) zu Pont (F) zu stellen ist (sensu PAPP 1981: 78)“ (UNGER 1983c: 59, 42 Tab. 1). – JUNG & MAYR hatten die Flora in MN 8 gestellt (1980: 163, 165, 167), nach FAHLBUSCH (1981: 124–125 Tab. 1) also in das Sarmat. *Hipparion* erscheint laut FAHLBUSCH (1976: 164 Tab. 1) an der Grenze von MN 8/MN 9, laut PAPP & STEININGER (1979: 162, 164 Tab. 2) an der Basis von MN 9, im Wiener Becken im Pannon B s. str. und bei UNGER (1983b: 16) im Grenzbereich Sarmat/Pannon. *Hipparion* kommt auch im Hausruckschorer Oberösterreichs vor, den FUCHS (in OBERHAUSER 1980: 160) nicht wie CZURDA (1978: 128) und danach UN-

GER (1983b: 16 Tab. 2) in das Pont (L 4), sondern in das Unter-Pannon einstuft. In der bayerischen Molasse wurde *Hipparion* noch nicht gefunden. Hier stammen die jüngsten Kleinsäuger von Hammerschmiede aus MN 9 (MAYR & FAHLBUSCH 1975: 91, 109). Sie entsprechen Faunen, die anderwärts auch *Hipparion* führen und dem tieferen Pannon der Zentralen Paratethys korrelat sind. Für Unter-Pannon ist auch *Tetralophodon longirostris* von Hammerschmiede und Geratskirchen bezeichnend. UNGER's Einstufung der Hangendserie mit Aubenham an die Grenze MN 10/MN 11 und Pannon/Pont erscheint daher nicht gerechtfertigt. Unter-Pont ist in der süddeutschen Molasse nicht vertreten.

d) Zu UNGER's „Lithozonen L1 bis L4“: Neue Erkenntnisse erlaubten laut UNGER (1983b: 8 f.) den Versuch, sein hypothetisches Lagerungsschema von 1976 und 1979 zu modifizieren. UNGER's Definition der Lithozonen und seine Gründe für deren Einführung wurden auf S. 253 vorgetragen. „Verf. ist sich der Unzulänglichkeit der Bezeichnung ‚Lithozone‘ vollkommen bewußt. DEHM (freundl. mündl. Mitt.) erhob Bedenken gegen den Zusatz ‚Zone‘ vom paläontologischen Standpunkt aus und verwies darauf, daß eine Zone als stratigraphische Einheit, räumlich und zeitlich durch Leitfossilien begrenzt, definiert wird“ (UNGER 1983b: 12). Deshalb hat DEHM (1955; opp. UNGER's Angabe 1983b: 12) die OSM nicht „in 3 Zonen“, sondern in 3 Serien gegliedert. Der Begriff „Zone“ kann auch nach den Definitionen von LEHMANN (1977: 413) und MURAWSKI (1983: 220) nicht auf UNGER's (1983b: 13) „Schüttungszyklen beziehungsweise ... Sedimentabfolgen, also lithostratigraphische Einheiten“ angewandt werden. FAHLBUSCH spricht (1981: 123, 125) selbst bei der Gliederung nach Säugern nicht von MN-Zonen, sondern von MN-Einheiten. UNGER's Begriff „Lithozone“, ein „Kompromiß“, „um sowohl das lithologische als auch das faunistische Element zum Ausdruck zu bringen“, ist also in der Tat unzulänglich. Es standen statt dessen die eingeführten, auch von UNGER (1976: 117 Tab. 1; 1978: 17 Tab. 2) und SCHWED & UNGER (1981: 93 Tab. 9) verwendeten Begriffe „Serien“ (evtl. Neue Serien, N. S. bei Abänderungen), „Abschnitte“ (GRIMM 1957: 151 Abb. 7), „Einheiten“ (STIEFEL 1957: 254 Tab. 2); „Abteilungen“ (PAULUS; s. 9. Profil) oder die von österreichischen Geologen verwendeten „Folgen“ zur Verfügung.

Zur Gliederung und Verbreitung der Lithozonen: UNGER stellt (1983a: 48) fest, daß „Zur Zeit ... die zeitliche Gliederung der Oberen Süßwassermolasse nicht endgültig festgelegt werden“ kann und (1983b: 30), daß die Grenzen und Verbreitung der Lithozonen im einzelnen noch zu erfassen sind. Dazu kommen „Die im Moment noch ungelösten Probleme bezüglich der Lithozone L 3“ (1983b: 27). Das zeigt sich etwa darin, daß der Fundpunkt Gündlkofen in L 3, also im Sarmat II liegt (1983b: 24 Abb. 6), aber zum Baden gehört (10. Profil Nr. 103 d). In seiner Litho-„Zone“ L 4 faßt UNGER Schüttungen aus dem Moldanubikum (die MS) und aus den Alpen (den SVS und die HGS) sowie die Mischserie zusammen (1983b: 15 Tab. 1, 16 Tab. 2). Durch die Umbenennung der bisherigen „Serien“ (1983b: 15 Tab. 1) in „Lithozonen“ (1983b: Tab. 1, 2; 1983c: 42 Tab. 1) hat sich nichts geändert. Selbst die unhaltbaren Begriffe „Sarmat I“ und „Sarmat II“ erscheinen hier noch als „Schichtbezeichnung“. Die oben erörterten Diskrepanzen bei ihrer Abgrenzung, Einstufung und Korrelierung bestehen fort.

„Vorläufig kann die Lithozonengliederung nur für die von Südosten in das Molassebecken gelangten Hauptschüttungen geltend gemacht werden“ (UNGER 1983b: 25). Nach Erachten des Autors (1983b: 30) dürfte „Petrographisch, faunistisch und floristisch ... das Gerüst der Lithozonen-Gliederung der Oberen Süßwassermolasse soweit abgesichert sein, daß es in Zukunft möglich werden könnte, durch gezielte Untersuchungen die Grenzen und die Verbreitung der Lithozonen im einzelnen zu erfassen. Dabei wird zu klären sein, wie weit über den bis jetzt bekannten Rahmen hinaus die einzelnen Lithozonen ursprünglich verbreitet waren und wo die jeweiligen Hauptschüttungsrinnen lagen.“ Desungeachtet kennzeichnet UNGER (1983b: 24 Abb. 6) die Vorlandmolasse westwärts bis in den Bodenseebereich mit L 1 bis L 4. Dabei

sind die Grenzen L 2/L 3 bis zur Mindel (Thannhausen) und L 3/L 4 (?; L 4 ist auf einem breiten Streifen gegen die Beckenmitte zu schraffiert) bis zur Iller (Memmingen) als DEHM'sche untere und obere Grenze innerhalb der OSM zu identifizieren. In UNGER's N-S-Schnitt (1983b: 21 Abb. 3) durch die OSM des ostbayerischen Molassebeckens liegt die Grenze L 1/L 2 (seine unterste „Dehm'sche Linie“) an der Obergrenze der Süßwasserschichten i.w.s. (opp. DEHM 1955), indes die Grenzen L 2 bis L 4 an den DEHM'schen Seriengrenzen liegen.

e) Zu UNGER's Schwermineralanalysen: Durch die schwermineralanalytisch definierten Begriffe ‚Sarmat I‘ und ‚Sarmat II‘ „sollte nicht eine stratigraphische Einstufung grobklastischer Sedimente vorgenommen werden, sondern ein analytisch definiertes Sediment in nomenklatorischer Kurzform einem Schüttungszyklus zugeordnet werden“ (UNGER 1983b: 9). Die stratigraphische Herkunft der Proben aus dem Sarmat I und II ist unklar. Denn „Mit der Arbeitsbezeichnung ‚Sarmat I‘ (UNGER 1976, 1979, 1981) wird eine schwermineralanalytisch definierte Abfolge umrissen, die etwa dem Nördlichen Vollschorter WURM's entspricht“ (1983a: 41). Andererseits handelt es sich beim Sarmat II „um eine schwermineralanalytisch definierte grobklastische Folge, die im Hangenden des Süßwasserkalkes liegt“ (1983a: 48). Damit erklärt UNGER das Sarmat I entgegen seiner obigen Definition als das Liegende des Süßwasserkalkes, nämlich als den Liegenden Nördlichen Vollschorter. Die Herkunft von Proben des Sarmat II aus der „Zwischenfolge“ und den sie überlagernden Sanden und Kiesen ist nur aus den Profilen von 1981 (: 197 Abb. 2) zu ersehen. Im Sarmat II der Schwermineralspektren von 1983b (: 19 Tab. 3) erreicht der Epidot- plus Zoisit-Anteil durchschnittlich etwas höhere Werte als in den übrigen alpenbürtigen Sedimenten. Diese, nämlich die Süßwasserschichten, der Nördliche und Südliche Vollschorter und die Hangendserie weisen nach dieser Tab. ähnliche Schwermineralverteilung auf. Auch laut UNGER (1982: 3) ist das Schwermineralspektrum der HGS jenem des Sarmat I (= L 2) ähnlich, wie auch (1983b: 28) „das Schwermineralspektrum des ‚Südlichen Vollschorter's‘ mehr dem der Sedimente der Lithozone L 2 ähnelt und keine erkennbaren Beziehungen zum ‚Sarmat II‘ aufweist“. Dann fragt sich aber, wie diese Einheiten „Mit den Schwermineralien ... unterteilt werden“ konnten (1982: 3; 1983b: 25, 28) und aus welcher Art von ‚Sarmat II‘ die Schwermineralien stammen, die den Unterschied gegenüber dem ‚Sarmat I‘ begründen.

Vielleicht handelt es sich beim Sarmat II um obere Lagen des Nördlichen Vollschorter mit den „Übergangsschichten“ B. HOFMANN's (10. Profil Nr. 86), die teils schon in Tertiär (während der weit verbreiteten Sedimentationspause) stark verwittert sind, vor allem beim Fehlen einer kalkhaltigen Decke (s. z. B. BATSCHKE 1957: 267–268; SCHIRM: 84 f., 89; GEBHARDT: 14–15; B. HOFMANN: 52; UNGER 1983a: 42). Der Verwitterungsprozeß, der zum Quarzrestschotter führte, könnte abgeschwächt noch weiter westwärts auf den gleichaltrigen Nördlichen Vollschorter eingewirkt haben, als es STIEFFEL's Abb. (1957: 224) annehmen läßt. Was bei fortschreitender, also auch unterschiedlicher Verwitterung mit dem Granat-Stauroolith-Verhältnis passieren kann, zeigt der Befund von SCHIRM (s. 10. Profil Nr. 86). Außer dem Lösungs- könnte ein Umlagerungsprozeß dieses Verhältnis verändert haben (vgl. SCHMEER, 6.–8. Profil Nr. 53). Von umgelagertem Nördlichen Vollschorter bzw. Sarmat I spricht UNGER bei seiner Zwischenfolge und den sie überlagernden Kiesen und Feinsanden („Sarmat II“) (1981: 199; 1982: 11; 1983a: 48; 1983b: 27–28).

UNGER erwähnt die A-Grenze LEMCKE's & a. (Nr. 53) nicht. Er meint (1981: 194), daß sich „Das Arbeiten mit Schwermineralassoziationen größeren Umfangs ... bisher in der Praxis nicht bewährt“ hat. Dabei konnten LEMCKE & a. und FUCHTBAUER (1954a; 1954b; 1967: 291, 288) die A-Grenze vom Bodensee bis Simbach a. Inn festlegen und im Molassebecken zentrale und radiale Materialströme ausscheiden. UNGER's Ober-(= Süd-) Grenze von L 3 (1983b: 24 Abb. 6) verläuft in der (in Nr. 53) erwähnten Skizze von SCHMEER im gleichen Bereich wie DEHM's Grenze mittlere/jüngere Serie und die A-Grenze.

f) Nach UNGER sind auch die jeweiligen Schüttungsrichtungen noch zu klären. In der Abb. (1983b: 24 Abb. 6, mit „?“) nähern sich die „Schüttungsrichtung L 1–3“ (von E) und der

alpine Zweig der „Schüttungsrichtung L 4“ (von SE) am Inn bis auf 14 km¹⁶). Da UNGER aber L 3 (dem Sarmat II) ein anderes Schwermineralspektrum als L 1 und L 2 zuschreibt, wäre für L 3 ein anderes Liefergebiet oder aber eine nachträgliche Änderung des Spektrums zu erwarten. Es ist auch nicht ersichtlich, weshalb der alpinen L 4 (HGS etc.) eine andere Schüttungsrichtung als L 1 – L 3 zugewiesen wird, obgleich ihre Schwermineralbestände denen in L 1 und L 2 ähnlich sind. Die kräftige alpine Schüttung L 4 muß die besagte Umlagerung im obersten Nördlichen Vollschorter bewirkt haben. – LEMCKE erörtert (1984) den Verlauf der Schüttungen u. a. während der OSM, ihre mögliche Beeinflussung durch die Rieskatastrophe und sedimentpetrographische Folgen.

g) Zusammenfassung der Diskussionen a–f: UNGER's Sarmat I und II sind kein oder nur zum Teil Sarmat. Ihre Abgrenzung und damit Definition wechseln und demzufolge auch ihre Korrelation mit lithostratigraphischen Einheiten der OSM. Die Bezüge von UNGER's OSM-Einheiten auf die Stufen der Zentralen Paratethys sind teils unsicher oder unzutreffend. Zuzufolge der (1983b: 16 Tab. 2) angeführten Faunen entspricht das Sarmat I der älteren Serie DEHM's (ohne deren Anteil an „Süßwasserschichten“) und dem Liegenden Nördlichen Vollschorter, das Sarmat II der mittleren Serie DEHM's und dem Hangenden Nördlichen Vollschorter samt der Sandmergeldecke und den Bentoniten. Sarmat I + II sind faunistisch „Torton“, etwa Karpat + Baden. Die Einführung der Begriffe Sarmat I und Sarmat II war daher überflüssig und verwirrend. Sie gestatten gegenüber den bisherigen Gliederungen (s. z. B. das 10. Profil) nicht einmal die exakte Einordnung von Fossilfundpunkten. Schwermineralogische Bezüge auf die sedimentpetrographische A-Grenze fehlen. Aus welchen der differierenden Sarmat I- und II-Einheiten die Proben entnommen wurden, ist meist nicht zu ermitteln. Der Begriff „Lithozone“ ist nomenklatorisch nicht korrekt. Die Einteilung in die Lithozonen L 1 bis L 4 folgt der DEHM'schen Seriengliederung, wobei dessen ältere Serie in L 1 („Süßwasserschichten“) und in L 2 („Sarmat I“) aufgeteilt wird. Wenn die Gliederung der OSM laut UNGER noch nicht gesichert ist, so gilt das auch für die Lithozonen, vor allem für L 2 und L 3, die dem unzulänglichen Sarmat I und II entsprechen. Die Unterteilung der OSM in L 1 bis L 4 gilt bis jetzt nur für Ostbayern. Ihre Ausweitung auf das süddeutsche Molassebecken stützt sich auf DEHM's Gliederung und auf einige Abweichungen gemäß GREGOR's „Phytozonen“. Die angenommenen Schüttungsrichtungen und ihre Zuteilung zu L 1 bis L 4 sind problematisch („?“). Die Kombination von lithologischen und paläontologischen Einheiten zu „Lithozonen“ mit gesicherter stratigraphischer Stellung ist also nicht gelungen. Von der Anwendung der Begriffe „Sarmat I“ und „Sarmat II“ wie „Lithozonen“ ist deshalb abzuraten.

112. Eine Schichtlücke trennt die Grobschotter von den unterlagernden Süßwasserschichten (Nr. 113, 114) (s. 10. Profil Nr. 97; SUTTER: 3 Abb. 1, 53; BUCHNER: 5 Abb. 2; UNGER 1983a: 14 Tab. 1).

113. „Süßwasserschichten“ (SWS) in Ostniederbayern: Darauf beziehen sich die Bearbeiter des weiteren Isargebietes. GRIMM hat (1953: 6; 1957: 103) betont, daß diese hier eingeführte Bezeichnung irreführend ist, „da sie nur für einen geringmächtigen Liegendhorizont . . . der Oberen Süßwassermolasse verwendet wird“. Er hat den Begriff „Süßwasserschichten“ aber „in Übereinstimmung mit den letzten Veröffentlichungen“ mit Rücksicht auf die schon vielfältige Nomenklatur beibehalten. Aus seiner Aufteilung in ein „limnisches Paket im Liegenden“ und ein „fluviatiles Paket im Hangenden“ sind später die noch gebräuchlichen „Limnischen“ und „Fluviatilen Süßwasserschichten“ entstanden. Dabei soll es bleiben. – Die Süßwasserschichten beginnen nach ZÜBELEIN (1940: 246, 250), SCHAUERTE (1962: 19) und PAULUS & a.

¹⁶) Bei SCHWED & UNGER (1981: 90, mittlere Abb.) laufen UNGER's spätere Schüttungen L 1 – L 3 und L 4 am Inn zusammen. Die mittlere und untere Abb. sind zu vertauschen (s. Legende: 91).

(9. Profil, Nr. 74) über den Unio-Sanden der Oncophora-Schichten. Mit den Unio-Sanden über den Schillsanden der Oncophora-Schichten beginnen sie nach GRIMM (1953: Abb. n. S. 7; 1964: 146, 148, 150 Abb. 1), WITTMANN (1954: Abb. 4 n. S. 33; 1957: 79 f., 87 Abb. 9) und NEUMAIER und Mitarbeiter (s. 1955: 75; 1957: 5 Abb. 1).

Altersdeutungen der Süßwasserschichten im ganzen: SUTTER (: 3 Tab. 1 nach NEUMAIER 1957: 5 Abb. 1), SCHIESSL (: 3 Abb. 1) und BUCHNER (: 5 Abb. 2) stufen die SWS innerhalb des Torton ein. Nach UNGER's Tabellen (1976: 117; 1978: 17) liegen die „Süßwasserschichten i. a.“ = „i. w. S.“, seine „Untere Serie“, etwa im unteren und mittleren Torton bzw. (1976: 120; 1978: 77) im „mittleren und oberen Torton“; desgleichen 1979 (: 18) = „Baden (?)“. Nach SCHWERD & UNGER (1981: 92–93 Tab. 9) sind sie Karpat + Baden z. T.; nach UNGER (1983a: 14 Tab. 1, 33, 38; s. unser 11. Profil; 1983b: 16 Tab. 2) „Ottung (?) – Karpat – Baden [z. T.]“, L 1; 1983c (: 42 Tab. 1) „Karpat“, L 1.

114. Fluvatile Süßwasserschichten (FSWS): UNGER beschreibt (1983a: 39 f.) die FSWS auf Bl. 7342 Landau als oberen Teil von L 1 unter Einbeziehung der Befunde von SUTTER (1960: 25 f.). Die Autoren verweisen darauf, daß SCHAUERTE (zuletzt 1962: 34 f.) die FSWS in den Hoisberger Schotter und die überlagernden Kiessande unterteilt hat. Die letzteren, die hier allein vertreten sind, werden als jüngste fluvatile Schüttung der Süßwasserschichten betrachtet. Sie sind petrographisch vom Nördlichen Vollsotter zu unterscheiden (SUTTER: 31–32; UNGER 1983a: 40–41). „Nach dem Schwermineralspektrum jedenfalls können die Kiessande keinesfalls dem Sarmat 1 zugeordnet werden“ (UNGER 1983a: 41). Abweichend von dieser Aussage sind die Spektren der beiden einander ähnlich (vgl. 1983b: 19 Tab. 3). Auch werden beide der gleichen Schüttung L 1 – L 3 zugeteilt (1983b: 24 Abb. 6). Die Spektren aus „Fluviatilen Süßwasserschichten“, auf welche UNGER (1983a: 40) verweist, werden in der dortigen Beil. 2 als solche der „Mischserie“ (Proben Nrn. 80, 81) und des „Sarmat II“ (Nr. 82) bezeichnet.

Alter: UNGER stellt die FSWS in das mittlere Baden (1983a: 14 Tab. 1, 39). Laut HEISSIG (in UNGER 1983a: 77) „muß vermutet werden, daß das sog. ‚Sarmat I‘ [nach UNGER das Hangende der FSWS nach einer Schichtlücke] im wesentlichen ins Karpat zu stellen ist“. Da die FSWS zwischen den „unteren Partien“ des HNVS und den LSWS (Nr. 116) liegen und beide als Karpat (MN 5) gelten (s. 10. Profil Nr. 103 e, i), trifft das auch für die FSWS im Isargebiet zu. Das kleine *Dinotherium bavaricum* aus dem Hoisberger Schotter wurde auf S. 249¹⁰⁾ erwähnt.

115. Zwischen den FSWS (Nr. 114) und den LSWS (Nr. 116) liegt eine Schichtlücke (Lit. s. Nr. 112; für Ostniederbayern NEUMAIER etc. 1957: 5 Abb. 1).

116. Limnische Süßwasserschichten (LSWS): In Ostniederbayern, in ZOBELEIN's Gebiet (1940: 250 f.) enthalten „Die ‚kohleführenden Süßwassermergel und -tone‘ (Limnische Sedimente)“, auch „untere Süßwasserschichten“ genannt, neben primär limnischen Mollusken auch die brackischen „*Dreissensia*“ (= *Congeria*) und Hydrobien. Derartige Vergesellschaftungen fanden auch WITTMANN (1957: 80–81), hier dazu sehr selten *Cardium*, und GRIMM (1957: 103). SCHLICKUM (1964: 50¹⁰⁾) wendet ein, daß die „Limnischen Süßwasserschichten“ „zu einem wesentlichen Teil noch brackisch sind“ und die Bezeichnung ein Pleonasmus sei. SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 335–337) lehnen sie deshalb ab und sprechen von „Lakustrischen Schichten“. „Limnisch ist in der wissenschaftlichen Terminologie Süßwasser-bezogen, nicht aber See-bezogen“¹⁷⁾. Mit den Lakustrischen Schichten enden ihre Oncophora-Schichten.

¹⁷⁾ Limnisch (griech.) und lakustrisch (lat.) bedeuten das gleiche, nämlich in Seen, Mooren, Sümpfen entstanden (vgl. die Begriffserklärungen in den Fachwörterbüchern von z. B. LEHMANN, MURAWSKI, ROSENFIELD, SCHIEFERDECKER, ZIEGLER & BRESLAU und von SCHWARZBACH in BRINKMANN I, 1964: 195). Auch nach C. L. F. WERNER leitet sich „limnisch“ von See, Teich, Sumpf ab, wird aber sowohl im all-

Laut SUTTER (: 7f.) ist im S seines Gebietes eine Großgliederung der LSWS nicht zu erkennen. Im NW sind sie nur in ihren obersten Partien erschlossen. Im SW deutet sich eine Gliederung an. Im NE „war eine deutliche Dreigliederung der LSWS in der Umgebung von Forsthart in folgende Bereiche festzustellen: c) Oberer Mergelbereich, b) Sandbereich, a) Unterer Mergelbereich“. Zu dieser Dreigliederung gelangte gleichzeitig SCHIESSL (1960: 11 f., 69) auf Bl. Pleinting. SUTTER's „Einteilung der Limnischen Süßwasserschichten wird, nach Überprüfung im Gelände, vollinhaltlich übernommen“ (UNGER 1983a: 33–34). Die LSWS liegen zwischen 335 m ü. NN an der Isar und etwa 415 m S von Westerndorf. N des Kollbachs sind sie zwischen 350 und 390 m aufgeschlossen (: 35). Laut BUCHNER (: 19) sinkt die Obergrenze am rechten Isarhang gegen NE von Usterling (ca. 370–375 m) über Zulling (355 m) und Landau-Zanklau (345 m) bis Zeholfing (ca. 345–350 m), wahrscheinlich erosiv bedingt, ab. Die Gesamtmächtigkeit beträgt nach UNGER auf Bl. Landau nach Bohrungen 84 m, wovon höchstens die oberen 40 m anstehen. Kleinere tektonische Störungen, die SUTTER angenommen hatte, bestätigt UNGER (: 92) nicht. Von solchen berichten aber auch die Bearbeiter weiterer Gebiete.

Fossilien der Limnischen Süßwasserschichten: Mollusken aus den LSWS Ostniederbayerns hat SCHLICKUM neu bearbeitet (1964: 47f., 50–51). Bei der Materialaufsammlung hat W.-D. GRIMM (s. SCHLICKUM: 2, 52f.) geführt, mitgewirkt und die Fundpunkte stratifiziert. SCHLICKUM listet (1964: 51; in SCHLICKUM & STRAUCH 1968: 377) die Verteilung brackischer und limnischer Taxa auf. – Die folgenden Fossilfundstellen in der Umgebung von Landau, die ich mit a) bis g) bezeichne, hatten SUTTER (1960, a–c, e–g) und BUCHNER (1963, Fundstelle d) entdeckt und ausgebeutet: Im Süden, a) N Fögelsberg (: 11 Nr. 2, Anhang Nr. 5), Hohlweg zwischen 350 und 370 m, in Mergellagen: *Helix*, *Planorbis*, *Melanopsis*, *Dreissensia* (= die brackische *Congeria*); in der Mergelgrube (366–370 m, Anhang Nr. 4) auf 370 m *Helix*, *Planorbis*. b) bei Schlüpfing (: 11 Nr. 3, Anhang Nr. 6; Positionsblatt 565 Haidenburg, S von Bl. 536 Gergweis), alte Mergelgrube auf 380–385 m: *Helix*, *Planorbis*, Characeen und Ostracoden, brackisch-limnisch (s. STRAUB 1952: Tafel 4), dazu (det. DEHM) Fischreste und eingeschwemmte Groß- und Kleinsäugerreste. c) S Fögelsberg (: 12 Nr. 4, Anhang Nr. 3) in einer Mergelgrube (365–370 m) auf 365 m: Mollusken und Knochenreste. Von dort hat SCHLICKUM (1964) weitere Mollusken beschrieben und (: 51) zu den „Limnischen Süßwasser-Schichten, Ga Brackwasser-Schichten“ gestellt. Sie sind bei SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 377) aufgelistet. d) Bei Usterling/Isar bezeugt *Candona suevica* (STRAUB 1952: 480, Tafel 4) einen brackischen Einschlag in den LSWS. BUCHNER (: 12–15, Anhang Nr. 1) erschürfte dort auf 355 m außerdem limnische Ostracoden, Land- und Süßwasserschnecken, Fisch- und Säugerreste (det. DEHM). – Im Südwesten, e) bei Rembach (SUTTER: 13–16, Anhang Nr. 8, Profiltaf.: 80) in einer Grube (ca. 355–380 m) auf ca. 375 m im Oberen Mergelbereich erschürft: Heliciden, Wirbel und Kieferbruchstücke von Teleostiern und zahlreiche Teile von Landvertebraten (det. DEHM), dazu weitere Kleinsäuger (HEISSIG in UNGER 1983a: 75–76). Die Fossilien beweisen laut SUTTER (: 16) „limnische Fazies der Sedimente, mit zahlreichen terrestrischen Einschwemmungen“. – Im Nordosten, f) W Forsthart (: 21 Nr. 1, Anhang Nr. 52, Profiltaf.: 80; vgl. SCHIESSL 1960: 50, Profiltaf.) in einer Mergelgrube (378–382 m) im Oberen Mergelbereich auf 378 m: Gastropoden (det. SCHLICKUM) mit u. a. *Bithynia*-Deckeln und *Klikia* sowie (det. DEHM) Vertebraten. SCHLICKUM beschreibt von hier (1964: 54) *Pomatias* sp. (etwas von der tortonen *P. consobrinum* abweichend (: 5), *Tropidomphalus incrassatus incrassatus* (: 33) und *Cepaea silvana silvana*. Er

gemeinen Sinn für Süßwasser als Lebensraum im Gegensatz zum Meer wie auch für stagnierende Süßwasser gebraucht. In letzterem Sinne wird es in der Geologie verwendet. Für Bildungen in fließenden Süßwässern steht geologisch der Begriff „fluvial“, für gemischte Ablagerungen „limnofluvial“ zur Verfügung. Brackwässer enthalten nach der Klassifikation von HILTERMANN (1966) zwischen $\pm 0,5$ und $\pm 18\%$ Salz. „Lakustrisch“ bedeutet nicht „brackisch“.

stellt sie (1964: 51) zu „Gc, Limnische Süßwasser-Schichten, Landschnecken-Schichten“, ordnet den Aufschluß aber dann (SCHLICKUM & STRAUCH 1968: 376⁴⁷) der Oberen Süßwassermolasse zu. g) S (SW) Forsthart (SUTTER: 22 Nr. 2, Anhang Nr. 56) im Oberen Mergelbereich auf 384 m: *Helix*, *Cyclotus* [?], *Planorbis* und *Ammicola*.

SCHIESSL (1960) führt aus dem Unteren Mergelbereich seines Gebietes an (h und i vom Verf.): h) von Wetzstein (: 14) auf 357 m *Helix* und *Planorbis*; i) von Schwarzmaier (: 15) auf 360 m Oogonien von Characeen, Ostracoden, Bruchstücke von Vertebraten und von SCHLICKUM bestimmte Land- und Süßwasserschnecken und dazu die brackische *Hydrobia*. SCHLICKUM beschreibt (1964) aus dieser Fundstelle (: 55) gewonnene Mollusken und stellt sie in SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 377) zu den limnischen Vorkommen der „Lakustrischen Schichten“¹⁸⁾. – Über Fossilien aus den obersten LSWS bei Niederaichbach s. 10. Profil, Nr. 103 i.

Höhenbezüge der Fossilfundstellen a) bis g) innerhalb der LSWS: Die Höhen der Fossilfundstellen / ungefähre Höhen der Obergrenze der LSWS betragen in m ü. NN. bei a) 350–370/378 (SUTTER: 54, Abb. 9); in der Mergelgrube 370/378. b) 380–385/390 (Lit. siehe a). c) 365/378 (s. a). d) 355/370–375 (BUCHNER: 19). e) 375/380 (SUTTER: 27, 55, ca. 382,5 lt. Profiltaf.: 80). f, g) „Die Oberkante des Oberen Mergelbereichs liegt [im NE] ziemlich konstant bei 383 m – 385 m“ (SUTTER: 59). f) 378/383–385 (bis 390 m lt. SUTTER, Profiltaf.: 80; 385 bis 395 m lt. SCHIESSL: 50 Abb. 8 bzw. 388 m lt. Profiltaf.). g) 384/390 (SUTTER: 58 Abb. 10).

Fazies der LSWS: Aus Vorstehendem ergibt sich, daß in Ostniederbayern und im weiteren Isargebiet tiefere und höhere LSWS sowohl brackische wie limnische Fossilien enthalten. Der brackische Einfluß reicht in Fundpunkt d) bis zur Isar. SCHLICKUM & STRAUCH führen (1968: 376–377 Tab. 2) aus „Lakustrischen Schichten im östlichen Niederbayern“ 6 Fundpunkte mit brackischen und 4 mit limnischen Mollusken an. GRIMM nennt (1964: 162–163) brackische und limnische Vorkommen in den LSWS und stellt eine Zunahme der letzteren profilaufwärts fest. Die Einschwemmungen von Landschnecken und Resten landbewohnender Wirbeltiere zeugen von Süßwasserzuflüssen in brackische und zeitweilig ausgesüßte Flachwässer. *Congeria rottenensis*, *Limnopageta modelli* und *Rzehakia guembeli*, die SCHLICKUM (1964) auch von c) Fögelsberg beschrieben und (1968: 377) registriert hat, sind nach ihm bezeichnende Arten der brackischen Fauna Ostniederbayerns. Die begleitenden *Melanopsis impressa*, *Stagnicola praebouilleti* und *Planorbarius cornu* kommen dort wie in den Kirchberger Schichten der Ulmer Gegend und z. T. im östlichen Oberbayern vor (SCHLICKUM 1963: 8; 1970a: 186). *Candona suevica* ist durch STRAUB aus den Kirchberger Schichten nachgewiesen. Den Fundpunkt f) W Forsthart hatte GRIMM laut SCHLICKUM (in SCHLICKUM & STRAUCH 1968: 376⁴⁷) zu den Limnischen Süßwasserschichten gestellt, SCHLICKUM ihn aber dann der OSM zugeschlagen. Nach GRIMM (1964: 163) ist unsicher, ob Forsthart und Niederaichbach (s. Nr. 103 i) „noch zu den Limnischen Süßwasserschichten gehören oder bereits zu den Fluvialen Süßwasserschichten gestellt werden müssen“. Für Limnische Süßwasserschichten hatten sich SUTTER bzw. SCHIRM entschieden. Neben den zahlreichen Landbewohnern werden von Forsthart Bithynien-Deckel und von Niederaichbach Fischzähnen gemeldet, so daß wie bei Rembach limnische Fazies, doch mit stärkerer terrestrischer Einschwemmung nicht auszuschließen ist. Dafür sprechen auch die fast gleichen Höhen von f) W Forsthart (378 m ü. NN.) und e) Rembach (ca. 375 m) sowie der limnische *Planorbarius* in g) S Forsthart auf 384 m ü. NN. Auch liegt das Dach der LSWS bei b) und g) auf 390 m.

UNGER's „Süßwasserschichten“ und „Lakustrische Schichten“: Über UNGER's „Süßwasserschichten i. a.“ bzw. „i. w. S.“ (= Fluviale und Limnische Süßwasserschichten,

¹⁸⁾ Dieses Register weist bei „Schwarzmaier“ *Stagnicola armaniacensis* aus, die SCHLICKUM (1964: 14) von dort nicht erwähnt. Die (1964: 15) von SCHWARZMAIER genannte *Radix socialis dilatata* fehlt im Register, desgleichen die aus SCHIESSL's Material bestimmte brackische *Hydrobia* sp., „*Stagnicola bouilleti*“ ist laut SCHLICKUM (1970d) *St. praebouilleti*.

„Untere Serie“ bzw. „L 1“ siehe Nr. 113. „Der größte Teil der angetroffenen Süßwasserschichten dürfte als fluviatil mit limnischen Einschaltungen anzusprechen sein“ (1978: 77). Unter einer Schichtlücke im Liegenden der „Süßwasserschichten“ verzeichnet UNGER (1978: 16 Tab. 1) „lakustrische Schichten“ in teilweise gleicher Höhe wie die „Uniosande“. Er stellt beide zur Oberen Brackwassermolasse, zu den Oncophora-Schichten und zum (Ober-)Helvet, indes die „Süßwasserschichten“ die „Untere Serie“ der OSM bilden und im Torton stehen. „Diese lakustrischen Schichten sind jedoch nicht mit den hier angesprochenen Süßwasserschichten i. w. S., wie sie die Lithozone L 1 repräsentieren, gleichzusetzen“, „jedoch in manchen Bereichen identisch Teilen der limnischen und fluviatilen Süßwasserschichten“ (sensu GRIMM 1957, 1964)“ (UNGER 1983b: 14). – Dazu SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 375): „Nach oben gehen die Uniosande ... in die ‚Limnischen Süßwasserschichten‘ (= Lakustrische Schichten) über.“ Damit entfällt UNGER's Darstellung. Die Lakustrischen Schichten (ohne die Fundschicht Forsthart) sind die obersten Oncophora-Schichten SCHLICKUM's & STRAUCH's (1968: 333 Tab. 1, 336).

Alter der LSWS: Wie die Autoren die SWS als Ganzes einstufen, ist in Nr. 113 gesagt. Im einzelnen bezeichnet UNGER (1983a: 14 Tab. 1, 33; s. unser 11. Profil) die LSWS als „Ottang (?)–Karpas–Baden“ bzw. (: 38) als „Oberstes Ottang/unteres Karpas bis unteres Baden“, die FSWS (: 39) als „Baden“. UNGER beruft sich (: 38) bei der Einstufung der LSWS in das „(?)Ottang bis Baden“ auf die Erkenntnisse von „SUTTER (1960), DEHM (1955, in SUTTER 1960) und FAHLBUSCH (1972: 136)“ bezüglich der Kleinsäugerfauna von Rembach (s. unsere S. 261, e). Außerdem verweist er auf HEISSIG (in UNGER 1983a: 75 f.). – SUTTER (: 3 Abb. 1) stellt aber wie NEUMAIER (1957: 5 Abb. 1) die gesamten Süßwasserschichten in das „Torton“. Eine Altersaus-sage DEHM's ist in SUTTER nicht zu finden. FAHLBUSCH (in CÍCHA & a., 1972: 136) stellt Rembach und Forsthart wie MAYR (1980: 167–168) aufgrund neuerer Kleinsäugerfunde in das Ottang, MN 4. HEISSIG (in UNGER 1983a: 75–76) nennt von Rembach Heliciden, Knochenreste von Fi-schen und Reptilien sowie 7 von DEHM bestimmte Säuger-Taxa. Deren „Assoziation ist kenn-zeichnend für die Zone MN 4 ... mittleres Orleanum“. „Dieses entspricht dem Ottang der Paratethys-Gliederung.“ „Die Limnischen Süßwasserschichten gehören also säugetierpaläon-tologisch in die gleiche Zone wie die liegende Brackwassermolasse.“ – Die obersten LSWS von Niederaichbach sind aber MN 5 und damit Karpas (s. 10. Profil, Nr. 103i), die tieferen viel-leicht auch Helvet (Ottang; s. Nr. 100).

117. Untergrenze des „Torton“: DEHM hatte (1955: 85) in seine ältere Serie (Torton) „Die ‚Süßwasserschichten‘, d. s. die oberen Partien der ‚Süßbrackwassermolasse‘“ einbezogen. CÍCHA & a. hatten (1972) den tieferen Teil des „Torton“ als Karpas bezeichnet. Nach FAHL-BUSCH (1976: 164 Tab. 1) gehört das Karpas zur Säugereinheit MN 5. HEISSIG stellt (in UNGER 1983a: 77) fest, daß die ältere Serie DEHM's dem Karpas entspricht. DEHM's ältere Serie beginnt mit dem Torton (Karpas, MN 5), wenn man die FSWS (mit dem *Dinotherium bavaricum* von Hoisberg) und die LSWS von Niederaichbach zugrunde legt. – In Forsthart bezeugen laut SCHLICKUM die „tortone“ *Cepaea silvana silvana* und der aus dem Torton und Sarmat bekannte *Tropidomphalus incrassatus incrassatus* tortones Alter. Deshalb verlegt er die Fundschicht aus den LSWS in die OSM (1964: 20; SCHLICKUM & STRAUCH 1968: 377⁴⁷; 1976: 16, 17). Nun wird aber die geologische Einstufung von Forsthart und entsprechender Fundschichten in die LSWS durch die säugetierpaläontologische Einstufung in das Ottang, MN 4 (in das bisherige Ober-helvet) erhärtet. SCHLICKUM's „tortone“ Schnecken müßten also so weit hinabreichen. Er be-merkt (1964: 20) bezüglich der Reichweite von *Cepaea silvana silvana*, daß „Die Angaben aus dem Helvet und aus jüngeren Schichten ... der Nachprüfung (so auch WENZ 1923: 678–679)“ bedürfen und (: 37) „daß die helvetische Landschneckenfauna im ganzen bisher nur sehr unzu-reichend vorliegt“. Das trifft auch für den vorgefundenen *Tropidomphalus* zu. Außerdem lagen

SCHLICKUM von dieser *Cepaea* nur mehr oder weniger stark verdrückte Stücke mit schlecht erhaltenen und nicht vollständig erkennbaren Mundrändern vor, was einen Irrtum möglich erscheinen läßt. Selbst wenn *Cepaea silvana* mit oder nahe bei brackischen Arten vorkommen sollte (vgl. SCHLICKUM 1970a: 186), erscheint es möglich, daß Mollusken und Säuger hier verschiedene Stufengrenzen liefern. Ich folge den oben genannten Säugerbefunden und lasse das Torton mit dem Karpat, etwa MN 5 beginnen, wozu die LSWS von Niederaichbach und die FSWS Ostniederbayerns gehören.

118. Süßbrackwassermolasse (SBM): In Anlehnung an LEMCKE & a. (1953) hat WITTMANN in Ostniederbayern „alle Einheiten von der Oberen Meeresmolasse bis zur Unterkante der jungtertiären Schotter als Süßbrackwassermolasse“ zusammengefaßt (1954: 12f.; 1957: 83, 94). Das oberste Glied bilden die „Süßwassersande und -mergel“. Diese Abgrenzung entspricht der Definition LEMCKE's & a., sofern die SBM an der Sohle der FSWS endet. SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 335–337) verwerfen diesen Begriff. Sie sprechen von „Brackwassermolasse“, später von „Oberer Brackwassermolasse“ und (1968) auch allgemein von „Oncophora-Schichten“, wozu ihre „überwiegend brackischen“ „Lakustrischen Schichten“ gehören. – Nun sind die „Limnischen Süßwasserschichten“ = „Lakustrischen Schichten“ weder reine Süßwasser- noch reine Brackwassersedimente (Nr. 116). Vielleicht liegt auch ein mehrfacher Fazieswechsel vor. Selbst innerhalb der Oncophora-Schichten existiert ein „Aussüßungshorizont“, der „im gesamten Ausstrich der Brackwassermolasse Niederbayerns“ (und nach der Meinung von PAULUS bis an die Isar; s. 9. Profil Nr. 74) zu verfolgen ist. Zwischengeschaltete Landzungen führen „Mollusken des fließenden Wassers“ (SCHLICKUM und STRAUCH 1968: 327, 355f.). Der Oberbegriff „Süßbrackwassermolasse“ wird diesen vielfältigen Gegebenheiten am besten gerecht. LEMCKE & a. betonen (1953: 36), daß „Durch die Einführung des neuen Begriffs [Süßbrackwassermolasse] ... selbstverständlich die Ausscheidung fazieller Besonderheiten ... nicht überflüssig“ wird. Die untergeordneten Schicht- und Schichtpaketnamen sind in der Tat für die stratigraphische und fazielle Ansprache, für Korrelationen wie für die Einordnung von Fossilfunden unentbehrlich.

119. Untergrenze der Oberen Süßwassermolasse (OSM): Sie liegt nach NEUMAIER (1957: 5 Abb. 1) und ihm folgend SUTTER (: 3 Abb. 1) in der Schichtlücke (Nr. 115) zwischen LSWS und FSWS, nach SCHIESSL (: 3 Abb. 1) und BUCHNER (: 5 Abb. 2) an der Untergrenze der Lücke. Nach UNGER beginnt die OSM mit den „Süßwasserschichten i. a.“, ab 1983b auch „L 1“ genannt (Tab. in 1976; 1978; 1983b; 1983c; dsgl. nach SCHWERT & UNGER 1981: 93 Tab. 9). 1983a (: 14 Tab. 1) faßt UNGER den tiefsten Teil der LSWS mit den Oncophora-Schichten zur „BM“ (Brackwassermolasse) zusammen. Er bemerkt (1983b: 13, 15): „Da im Moment die Hangendgrenze der Brackwasserschichten noch zwischen oberstem Ottang und tiefstem Karpat schwankt, kann die Basis der Oberen Süßwassermolasse jetzt noch nicht endgültig definiert werden.“ – Da die OSM ein Faziesbegriff ist, fällt ihre Untergrenze mit jener der FSWS zusammen. Zugleich kann man hier die Obergrenze der SBM annehmen, da die Schüttung der FSWS wahrscheinlich den obersten Teil der LSWS abgetragen und die Schichtlücke (Nr. 115) bewirkt hat.

Zusammenfassung

Die Lage des behandelten Gebietes ist aus den Profilen und der Kurzfassung zu ersehen. Hier werden die Ergebnisse in der Reihenfolge der Tab. 1 und jeweils profilabwärts zusammengefaßt. – Die Gliederungsschemata zeigen als höchste Molassestufe das Sarmat. „Unter-Pont“ (= Unter-Pannon der Zentralen Paratethys) wird nur in Vulkaniten des Hegaus erfaßt. Meist reichen die Profile am Nordrand des Molassebeckens nur bis zum herkömmlichen „Tor-

ton“ (= etwa Karpat + Baden). Burdigal fehlt. 1. Profil: Der Name „OMM-Deckschichten“ statt „Deckschichten“ könnte auf die „Feinsandserie“ des 6.–8. Profils angewandt werden. 2. Profil: Die Juranagelfluhmargel sind teils brackisches Oberhelvet, das zur Süßbrackwassermolasse (SBM) gehört. 3. Profil: Es werden „Oehninger Schichten“ und „Oehninger Typusschichten“ definiert. Die Juranagelfluhmargel und die Haldenhofmargel der E-W-Glimmersandschüttung verzahnen sich. Die Bodmansande sind laut SCHREINER's Mitteilung zu den Sandschiefern zu stellen. 4. Profil: NÄGELE's „Übergangsschichten“ über den OMM-Deckschichten gelten als Korrelate der Helicidenschichten des Ober-Helvet (= Ober-Ottang). Der Baltringer Horizont ist die Basis der Baltringer Schichten. 5. Profil: Die Flammenmargel (tiefes Torton) sind nach Ostracoden limnisch und damit tiefe Obere Süßwassermolasse (OSM). 6.–8. Profil: Die Bohrungen im Gebiet LEMCKE's & a. liegen nicht auf der eigentlichen Albsteinschwelle. Der „Albstein i. w. S.“ der SBM entstand im Wasser. Er zeigt also keine Exposition und Sedimentationsunterbrechung an. Seine verschiedenen tiefe Lage in den Bohrungen beruht auf synsedimentärer Absenkung gegen die Beckenmitte zu. Unter Bezug auf die „B-Grenze als Zeitmarke“ korreliere ich die darunter und darüber liegenden Schichtpakete miteinander. Der Brackwasservorstoß im Ober-Helvet (Ober-Ottang) kam von E, drang in die Graupensandrinne und in eine E-W-Depression ein, die sich etwas später vom Südteil der „Albsteinschwelle“ bis in die Gegend von Scherstetten gebildet hatte. Die brackischen Faunen beider Gebiete sind ähnlich. Es findet kein Überspringen der brackischen Fazies im Bereich der Bohrungen statt. Aus der Graupensandrinne trat kein Brackwasser dorthin über. Den bisher 2 Zyklen der Oberen Meeresmolasse (OMM) hat GALL oben einen 3. zugesellt. Die höheren Bausteinschichten in der Subalpinen Molasse bleiben im Chatt (Unter-Eger; das tiefe Chatt ist Antoingt). 9. Profil: PAULUS & a. korrelieren ihre Schichten mit jenen im W (Gebiet LEMCKE's & a.) und in Ostniederbayern. Ihren Süßwasserkalk in der SBM stellen sie dem ostniederbayerischen Aussüßungshorizont gleich und führen beide (opp. SCHLICKUM & STRAUCH) auf ein weiträumiges Ereignis zurück. Verf. diskutiert anschließend die Paläogeographie der Oberen Brackwassermolasse zwischen Iller und Inn/Salzach und bezweifelt die Existenz zweier „isolierter Becken“ in diesem Gebiet. 10. Profil: Die Bentonite, Verwitterungsprodukte vulkanischer Aschen, liegen i. allg. auf der Sandmargeldecke. Dieser überkommene Begriff wird gegenüber der neu eingeführten „Zwischenfolge“ beibehalten. Die Bentonite werden eingehend erörtert. UNGER's Meinung, daß eine lange Zeit zwischen dem Auswurf der vulkanischen Aschen während des Ries-Ereignisses (im oberen Torton) und der fluvial-äolischen Anhäufung zu Bentonitlagerstätten liegt, fußt auf einem stratigraphischen Irrtum. B. HOFMANN's „Übergangsschichten“ vom Nördlichen Vollschotter (NVS) zur Hangendserie (HGS) sind nach früheren Darstellungen oberster, teils verwitterter NVS mit dessen Fauna. Ein Übergang zur HGS ist angesichts der dazwischen liegenden Schichtlücke ohnehin nicht anzunehmen. Die bisherige detaillierte Gliederung des NVS und die Kürzel für die Schichtnamen werden beibehalten (s. 10. Profil). Altersweisende Fossilien im Isarbereich lassen darauf schließen, daß von den 3 Serien DEHM's die ältere (ohne den Anteil an „Süßwasserschichten“) dem „Liegenden“ (= Unteren) NVS und die mittlere dem „Hangenden“ (= Oberen) NVS entspricht. Beide sind nach Datierung des Ries-Ereignisses „Torton“ (= etwa Karpat + Baden). Die jüngere Serie über den Bentoniten und der weit verbreiteten Schichtlücke ist in ihrem unteren Teil Sarmat. Säuger des oberen Teils („Unter-Pont“ = Unter-Pannon) fanden sich bisher nur an 2 Stellen in der Beckenmitte. Die Schichtlücken im Isarbereich entsprechen jenen in Ostniederbayern. 11. Profil: Entgegen der Annahme UNGER's fehlen hier Pannon und Pont, wahrscheinlich auch Sarmat. Die von ihm eingeführten Begriffe „Sarmat I“, „Sarmat II“ und „Lithozonen“ sind ungeeignet, wie ausführliche Diskussionen zeigen. Ihre Zusammenfassung findet sich auf S. 259. Es folgen Darlegungen über die „Süßwasserschichten“, die Süßbrackwassermolasse und die Untergrenzen von „Torton“ und Oberer Süßwassermolasse in Ostniederbayern und im weiteren Isargebiet.

Schriftenverzeichnis

- ABELE, G. & FUCHS, B. & STEPHAN, W. (1955): Die westliche bayerische Vorlandmolasse (: 46–58, 2 Abb., Tafel 2 Prof. 24–27). – In: Erläuterungen zur „Molassekarte“ (s. dort).
- AMMON, L. v. (1901): Die Malgersdorfer Weißerde. – Geogn. Jh., 13, 1900: 195–208, München.
- BATSCHKE, H. (1957): Geologische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse Ostniederbayerns. – Beih. geol. Jb., 26: 261–307, 9 Abb., Hannover.
- BAUMBERGER, E. (1934): E. Die Molasse des Schweizerischen Mittellandes und Juragebietes. Mit einem Beitrag von H. G. STEHLIN. – Geol. Führer Schweiz, Fasc. I: 57–75, 1 Tab., Basel (Wepf & Cie).
- BLISSENBACH, E. (1957): Die jungtertiäre Grobschottererschüttung im Osten des bayerischen Molassetroges. – Beih. geol. Jb., 26: 9–48, 14 Abb., 6 Tab., Hannover.
- BESCHOREN, B. (1955): Die Vorlandmolasse im Gebiet der unteren Isar (: 59–67). – In: Erläuterungen zur „Molassekarte“ (s. dort).
- BÖHNDEL, E. (1916): Die obere Süßwassermolasse in der Umgebung des Untersees (Bodensee). – Mitt. bad. geol. Landesanst., 8, Freiburg i. Br., und Diss. Univ. Freiburg i. Br., 48 S., 4 Taf.
- BRUNNACKER, K. (1962): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Blatt 7536 Freising Nord mit Erläuterungen, München (Bayer. geol. Landesamt).
- BRUNNACKER, K. & PAULUS B., & BROCKERT, M. & HINSCH, W. & VIDAL, H. (1964) mit einem Beitrag von W. ZIMMERLE: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 7736 Ismaning, – 99 S., 7 Abb., 9 Tab., 3 Beil., München (Bayer. geol. Landesamt).
- BUCHNER, A. (1963): Geologische Untersuchungen auf Blatt Landau 534 (Niederbayern) 1:25 000. – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 112 + 35 (Anhang) S., 45 Abb., 1 geol. Kt., 1 Prof.-Taf., München [MS].
- BUCHI, U. P. (1959): Zur Stratigraphie der Oberen Süßwassermolasse (OSM) der Ostschweiz. – Ecl. geol. Helv., 52: 449–460, 1 Abb., 1 Tab., Basel.
- BUCHI, U. P. & SCHLANKE, S. (1977): Zur Paläogeographie der schweizerischen Molasse. – Erdoel-Erdgas-Z., 93: 57–69, 8 Abb., 3 Tab., Hamburg–Wien.
- CICHA, I. & FAHLBUSCH, V. & FEJFAR, O. (1972): Die biostratigraphische Korrelation einiger jungtertiärer Wirbeltierfaunen Mitteleuropas. – N. Jb. Paläont., Abh., 140: 129–145, 2 Tab., Stuttgart.
- CZURDA, K. (1978): Sedimentologische Analyse und Ablagerungsmodell der miozänen Kohlenmulden der oberösterreichischen Molasse. – Jb. geol. Bundesanst., 121: 123–154, 21 Abb., 2 Tab., Wien.
- DEHM, R. (1955): Die Säugetier-Faunen in der Oberen Süßwassermolasse und ihre Bedeutung für die Gliederung (: 81–88). – In: Erläuterungen zur „Molassekarte“ (s. dort).
- DEHM, R. (1957): Fossilführung und Altersbestimmung der Oberen Süßwasser-Molasse auf Blatt Augsburg 1:50 000 (: 34–39). – In: SCHAEFER, I., Erläuterungen zur Geologischen Karte von Augsburg und Umgebung 1:50 000, 92 S., 4 Abb., 2 Beil., München (Bayer. geol. Landesamt).
- DEHM, R. (1962): Das Nördlinger Ries und die Meteortheorie. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. 2: 69–87, 2 Abb., München.
- ERB, L. (1931a, 1931b): Geologische Spezialkarte von Baden, Bad. Blatt 146 Hilzingen, Württ. Bl. 172 Hohentwiel [heute Bl. 8218 Gottmadingen; s. ERB & SCHREINER 1983]. – Dazu (1931b) Erläuterungen, mit einem prähist. Beitr. von G. KRAFT & K. SULZBERGER, 115 S., 5 Taf., Freiburg i. Br. [s. SCHREINER 1983].
- ERB, L. (1967): Geologische Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50 000, Freiburg i. Br. (Geol. Landesamt Baden-Württ.) [Erläuterungen siehe SCHREINER 1970].
- ERB, L. & HAUS, H. A. & RUTTE, E. (1961): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000. Erläuterungen zu Blatt 8120 Stockach. – 140 S., 3 Abb., 3 Taf., 6 Beil., Hrsg. Geol. Landesamt Baden-Württ., Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- ERB, L. & HAUS, H. A. & RUTTE, E. (1962): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, 8120 Stockach. – (wie 1961).
- ERB, L. & KIDERLEN, H. (1955): Erläuterungen zur Molassekarte 1:300 000, Anteil Baden-Württemberg (: 33–41). – In: Erläuterungen zur „Molassekarte“ (s. dort).
- ERB, L. & SCHREINER, A. (1983), mit Beiträgen von K. EISELE: Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, 8218 Gottmadingen, Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württ.). [Erl. s. SCHREINER 1983].
- Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000 (1955). – 106 S., 7 Abb., 3 Profiltaf., München (Bayer. geol. Landesamt). [„Erl. zur Molassekarte“].

- FAHLBUSCH, V. (1964): Die Cricetiden (Mamm.) der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. – Abh. bayer. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., N. F., 118, 136 S., 67 Abb., 7 Taf., München.
- FAHLBUSCH, V. (1972) siehe CICHÁ & a. (1972).
- FAHLBUSCH, V. (1976): Report on the International Symposium on mammalian stratigraphy of the European Tertiary (München, April 11–14, 1975). – Newsl. Stratigr., 5: 160–167, 1 Tab., Berlin-Stuttgart.
- FAHLBUSCH, V. (1981): Miozän und Pliozän – Was ist das? Zur Gliederung des Jungtertiärs in Süddeutschland. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 21: 121–127, 1 Tab., München.
- FAHLBUSCH, V. & GALL, H. & SCHMIDT-KITTLER, N. (1974), mit einem Beitrag von R. DEHM: Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 10. Die Grabungen 1970–73. Beiträge zur Sedimentologie und Fauna. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläontologie hist. Geol., 14: 103–128, 4 Abb., München.
- FUCHS, W. (1980): 3.2. Die Molasse und ihr nichthelvetischer Vorlandanteil am Untergrund einschließlich der Sedimente auf der Böhmisches Masse (: 145–176, Abb. 25–35). – In OBERHAUSER, R., Der geologische Aufbau Österreichs. Wien–New York (Springer).
- FUCHTBAUER, H. (1954a): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse. – Heidelberger Beitr. Miner. Petrogr., 4: 26–53, 6 Abb., Heidelberg.
- FUCHTBAUER, H. (1954b): Eine sedimentpetrographische Grenze in der oberen Süßwassermolasse des Alpenvorlandes. – N. Jb. Geol. Paläont., Mh, 1954: 337–347, 2 Abb., Stuttgart.
- FUCHTBAUER, H. (1967): Die Sandsteine in der Molasse nördlich der Alpen. – Geol. Rdsch., 56: 266–300, 12 Abb., Stuttgart.
- GALL, H. (1971): Geologische Karte von Bayern 1 : 25 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7328 Wittislingen. Mit einem bodenkundlichen Beitrag von TH. DIETZ und einem geophysikalischen Beitrag von J. POHL. – 186 S., 17 Abb., 6 Tab. München (Bayer. geol. Landesamt).
- GALL, H. (1972): Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 4. Die Molluskenfauna (Lamellibranchiata, Gastropoda) und ihre stratigraphische und ökologische Bedeutung. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 12: 3–32, 3 Abb., 1 Tab., München.
- GALL, H. (1975): Der III. Zyklus der Oberen Meeresmolasse (Helvet) am Südrand der Schwäbisch-Fränkischen Alb. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 15: 179–205, 4 Abb., München.
- GALL, H. (1980): Eine Gastropodenfauna aus dem Landshuter Schotter der Oberen Süßwassermolasse (Westliche Paratethys, Badenien) von Gündlkofen/Niederbayern. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 20: 51–77, 4 Abb., 1 Tab., München.
- GEBHARDT, P. (1964): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Aham 7440 (Niederbayern). – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 98 + 8 (Anhang) S., 51 Abb., 1 geol. Kt., 1 Prof.-Taf., München. [MS]
- GENTNER, W. & WAGNER, G. A. (1969): Altersbestimmungen an Riesgläsern und Moldaviten. – Geol. bavar., 61: 296–303, 5 Abb., 2 Tab., München.
- Geologische Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000 (1954). – München (Bayer. geol. Landesamt). [„Molassekarte“]
- GRIMM, W.-D. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Rott und Inn (Kartierung der Blätter Wurmannsquick/Osthälfte, Schönauf/SE-Teil und Tann. – Diss. naturwiss. Fak. Univ. München, 181 S., zahlr. Abb. u. Taf., München.
- GRIMM, W.-D. (1957): Stratigraphische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der Oberen Süßwassermolasse zwischen Inn und Rott (Niederbayern). – Beih. geol. Jb., 26: 97–184, 14 Abb., 1 Tab., Taf. 3–10; Hannover.
- GRIMM, W.-D. (1963): Der Schillhorizont in der ostbayerischen Süßbrackwassermolasse und seine bergbauliche Gewinnung. – Geol. Mitt., 3: 221–252, 9 Abb., 1 Tab.; Aachen.
- GRIMM, W.-D. (1964): Die „Süßwassersande und -mergel“ in der ostniederbayerischen Molasse und die Aussüßung des miozänen Brackmeeres. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 4: 145–175, 3 Abb., München.
- HAAG, H. W. (1960): Die Geologie des Blattes Zwiefalten (Nr. 7722) 1 : 25 000. – Arb. geol.-paläont. Inst. TH. Stuttgart, N. F., 28: 121 S., 6 Abb. 2 Taf.; Stuttgart.
- HAGN, H. (1961): Die Gliederung der Oberen Meeresmolasse nördlich vom Überlinger See (Bodensee) in mikropaläontologischer Sicht. – Jb. geol. Landesamt Baden-Württ., 5: 293–321, 4 Abb., Tab. 19; Freiburg i. Br.
- HAGN, H. & MALZ, H. & MARTINI, E. (1981): Exkursion H. Faltenmolasse und helvetische Oberkreide im Raum nördlich Sonthofen, Allgäu. H. 1: Kranzegg (: 287–289, 1 Abb.). – In: HAGN & a., Die Bayerischen Alpen in mikropaläontologischer Sicht. Geol. bavar., 82; München.

- HANTKE, R. (1954): Die fossile Flora der obermiozänen Oehninger-Fundstelle Schrotzburg (Schienberg, Süd-Baden). – Denkschr. schweiz. naturforsch. Ges., 80: 30–118, 2 Abb., 16 Taf.; Zürich.
- HAUS, H. A. (1951): Zur paläogeographischen Entwicklung des Molassetroges im Bodenseegebiet während des Mittleren Miozäns. – Mitt.-Bl. bad. geol. Landesanst., 1950: 48–66, Abb. 8–10; Freiburg i. Br.
- HAUS, H. A. (1952): Das Molassebecken im südwestdeutschen Gebiet. – Bull. Ver. schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., 19, Nr. 57: 25–30; Riehen/Basel.
- HEISSIG, W. (1983): Funde fossiler Säugetiere auf Blatt Landau a. d. Isar 1:50000 (: 75–78). – In: UNGER, H. J. (1983a).
- HEIZMANN, E. P. J. & GINSBURG, L. & BULOT, CH. (1980): *Prosansanosmilus peregrinus*, ein neuer machirodontider Felide aus dem Miozän Deutschlands und Frankreichs. – Stuttgarter Beitr. Naturk., Ser. B, 58: 27 S., 7 Abb., 2 Taf.; Stuttgart.
- HEIZMANN, E. P. J. (1984): *Deinotherium* im Unter-Miozän von Langenau und seine Bedeutung für die Untergliederung der Molasse. – Heimatl. Schr.-R. Landkreis Günzburg, 2: 36–39, Abb. 133–136; Günzburg.
- HEROLD, R. (1963): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Frontenhausen 7441 (Niederbayern). – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 72 S., 29 Abb., 1 geol. Kt., 1 Profiltaf.; München. [MS]
- HEROLD, R. (1970): Sedimentpetrographische und mineralogische Untersuchungen an pelitischen Gesteinen der Molasse Niederbayerns. – Diss. naturwiss. Fak. Univ. München, 140 S., 21 Abb., 14 Tab.; München.
- HILTERMANN, H. (1966): Klassifikation rezenter Brack- und Salinar-Wässer in ihrer Anwendung für fossile Bildungen. – Z. deutsch. geol. Ges., 115, 1963: 463–496, 7 Abb., 2 Tab., Taf. 11, 12; Hannover.
- HOFMANN, B. (1973): Geologische Karte von Bayern 1:25000. Erläuterungen zum Blatt Nr. 7439 Landshut Ost. Mit Beiträgen von K. BADER (Geophysik), O. GANSS (Der tiefere Untergrund), J.-P. WROBEL (Hydrogeologie). – 113 S., 7 Abb., 12 Tab., 7 Taf., 2 Beil.; München (Bayer. geol. Landesamt).
- HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süßwassermolasse) und zur Bodenseegeologie. – Jb. st. gall. naturwiss. Ges., 74: 87 S., 4 Abb., 1 geol. Kt., 1 Profiltaf.; St. Gallen 1951.
- HOFMANN, F. (1955a): Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz. – Ecl. geol. Helv., 48: 99–124, 3 Abb., 3 Tab.; Basel.
- HOFMANN, F. (1955b): Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken. – Bull. Ver. schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., 22, Nr. 62: 5–18, 2 Abb.; Riehen/Basel.
- HOFMANN, F. (1956a): Die vulkanischen Erscheinungen auf schweizerischem Gebiet nördlich des Rheins in der Gegend von Ramsen (Kanton Schaffhausen). – Ecl. geol. Helv., 49: 85–96, 3 Abb., 3 Tab.; Basel.
- HOFMANN, F. (1956b): Die Obere Süßwassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau. – Bull. Ver. schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., 23, Nr. 64: 23–34, 1 Abb.; Riehen/Basel.
- HOFMANN, F. (1959): Die vulkanischen Aschenablagerungen in der Molasse des thurgauischen Seerückens und ihre Beziehungen zu den Eruptionen am Schienberg und im Hegau. – Schr. Ver. Gesch. Bodensees u. Umgebung, 77: 86–93, 1 Profiltaf., Konstanz.
- HOFMANN, F. (1960a): Vulkanische Tuffhorizonte der Schienbergeruptionen auf dem thurgauischen Seerücken. – Ecl. geol. Helv., 52, 1959: 461–475, 2 Abb., 1 Tab., Zürich.
- HOFMANN, F. (1960b): Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der oberen Süßwassermolasse der Nord- und Nordostschweiz. – Ecl. geol. Helv., 53: 1–25, 5 Abb., 11 Tab., Basel.
- HOFMANN, F. (1960c): Sedimente einer ariden Klimaperiode zwischen Siderolithikum und Molasse in Lohn, Kanton Schaffhausen, und am Rheinfall. – Ecl. geol. Helv., 53: 27–32, Basel.
- HOFMANN, F. (1965): Die stratigraphische Bedeutung der Bentonite und Tufflagen im Molassebecken. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 47: 79–90, 3 Abb., Stuttgart.
- HOFMANN, F. (1967): Über die Tertiärbildungen im Kanton Schaffhausen. – Mitt. naturforsch. Ges. Schaffhausen, 28, 1963–1967: 171–210, 7 Abb., 1 geol. Kt. (Abb. 8), Schaffhausen.
- HOFMANN, F. (1969): Neue Befunde über die westliche Fortsetzung des beckenaxialen Glimmersand-Stromsystems in der Oberen Süßwassermolasse des schweizerischen Alpenvorlandes. – Ecl. geol. Helv., 62: 279–284, 2 Abb., 1 Tab., Basel.
- HOFMANN, F. (1976): Überblick über die geologische Entwicklungsgeschichte der Region Schaffhausen seit dem Ende der Jurazeit. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing., 42, Nr. 102: 1–16, 12 Abb., 1 Tab., Riehen/Basel.

- HULSEMANN, J. (1955): Großrippeln und Schrägschichtungs-Gefüge im Nordsee-Watt und in der Molasse. – Senck. leth., 36: 359–388, 14 Abb., 3 Taf., Frankfurt a. M.
- HÜTTNER, R. (1961): Geologischer Bau und Landschaftsgeschichte des östlichen Härtsfeldes (Schwäbische Alb). – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., 4: 49–125, Abb. 3–7, Taf. 4, Tab. 1–2, Freiburg i. Br.
- JÖRG, E. (1950): Mikropaläontologische Untersuchungen in der miozänen Molasse des Bodenseegebietes. – Mitt.-Bl. bad. geol. Landesanst., 1949: 33–35, Freiburg i. Br.
- JOOSS, C. H. (1923): Die Schneckenfauna der süddeutsch-schweizerischen Helicidenmergel und ihre Bedeutung für die Altersbestimmung der letzteren. – N. Jb. Miner. etc., 49. Beil.-Bd.: 185–210, Taf. 11, Stuttgart.
- JUNG, W. & MAYR, H. (1980): Neuere Befunde zur Biostratigraphie der Oberen Süßwassermolasse Süddeutschlands und ihre palökologische Deutung. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 20: 159–173, 1 Abb., 1 Tab., München.
- KIDERLEN, H. (1931): Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. – N. Jb. Miner. etc., Beil.-Bd. 66, Abt. B: 215–384, 15 Abb., Taf. 20–21, Stuttgart.
- KNUPFER, S. (1912): Molasse und Tektonik des südöstlichen Teiles des Blattes Stockach der topographischen Karte des Großherzogtums Baden. – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br., 19: 273–336, 1 Abb., 3 Tab., 1 geol. Kt., Freiburg i. Br.
- KRANZ, W. (1904): Stratigraphie und Alter der Ablagerungen bei Unter- und Oberkirchberg, südlich Ulm a. D. – Cbl. Miner. etc., 1904: 481–502, 528–540, 545–566, 5 Abb., Stuttgart.
- LANG, H. D. & RABEN, A. & STRUBE, W. & WIEGEL, E. (1976): Richtlinien für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen. – 36 S., Stuttgart (Schweizerbart).
- LEHMANN, U. (1977): Paläontologisches Wörterbuch. – 2. Aufl., 448 S., 112 Abb., 3 Taf., Stuttgart (F. Enke).
- LEMCKE, K. (1955): Die Fazies der Molasse der Bohrung Scherstetten 1 (: 12–21, 1 Taf.). – In: Die Erdölaufschlußbohrung Scherstetten 1 südwestlich Augsburg. Geol. bavar., 24, München.
- LEMCKE, K. (1972): Die Lagerung der jüngsten Molasse im nördlichen Alpenvorland. – Bull. Ver. schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., 39, Nr. 95: 29–41, 7 Abb., Riehen/Basel.
- LEMCKE, K. (1973): Zur nachpermischen Geschichte des nördlichen Alpenvorlandes. – Geol. bavar., 69: 5–48, 11 Abb., 2 Beil., München.
- LEMCKE, K. (1975): Molasse und vortertiärer Untergrund im Westteil des süddeutschen Alpenvorlandes. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 57: 87–115, 25 Abb., Stuttgart.
- LEMCKE, K. (1977): Referat zu SCHREINER (1976). – Zbl. Geol. Paläont., 1977, I: 479–480.
- LEMCKE, K. (1984): Geologische Vorgänge in den Alpen ab Obereozän im Spiegel vor allem der deutschen Molasse. – Geol. Rdsch., 73: 371–397, 14 Abb., Stuttgart.
- LEMCKE, K. u. ENGELHARDT, W. v. & FUCHTBAUER, H. (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. Unter paläontologischer Mitarbeit von H. FAHRION & E. W. STRAUB. – Beih. geol. Jb., 11: 117 + A 64 S., 31 Abb., 9 Taf., 72 Tab., Hannover.
- LEUZE, J. (1922): Die Citharellenkalke in Schwaben. Ein Beitrag zur Kenntnis der schwäbisch-schweizerischen Meeresmolasse. – N. Jb. Miner. etc., 46. Beil.-Bd.: 268–381, Stuttgart. (Diss. Tübingen 1912)
- MAUSSNEST, O. & SCHREINER, A. (1982): Karte der Vorkommen von Vulkangesteinen im Hegau. – Abh. geol. Landesamt Baden-Württ., 10: 1–48, 1 Kt. 1:500000, Freiburg i. Br.
- MAYR, H. (1980) s. JUNG & MAYR
- MAYR, H. & FAHLBUSCH, V. (1975): Eine unterpliozäne Kleinsäugerfauna aus der Oberen Süßwasser-Molasse Bayerns. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 15: 91–111. Taf. 6–9, München.
- MEIER, G. (1965): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Landshut West 7438 (Niederbayern). – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 80 + 8 (Anhang) S., 51 Abb., 1 geol. Kt., 1 Profiltaf., München. [MS]
- MEIN, P. (1975): Résultats du Groupe de Travail des Vertébrés. – In: Report on Activity of the R.C.M.N.S. Working Groups (1971–1975): 78–81, 1 Tab., Bratislava.
- MEIN, P. (1981): Mammal Zonations: Introduction. – Ann. géol. Pays hellén., hors sér., fasc. IV: 83–88, Athen. (Proc. VIIth Internat. Congr. Mediterran. Neogene, Athens 1979.)
- „Molassekarte“ (1954) siehe Geologische Übersichtskarte...
- MOOS, A. (1925): Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm a. D. und Donauwörth. – Geogn. Jh., 37, 1924: 167–252, 1 geol. Kt. 1:200000, 2 Taf., München.
- MÜLLER, E.-D. (1972): Die Oligozän-Ablagerungen im Gebiet des Nördlinger Rieses. – Diss. Fak. Geowiss., Univ. München: 249 S., 13 Abb., 8 Tab., 4 Taf., München.

- MURAWSKI, H. (1983): Geologisches Wörterbuch. – 8. Aufl., 287 S., 81 Abb., 8 Tab., Stuttgart (F. Enke).
- NÄGELE, E. (1959): Zur Petrographie und Entstehung des Albsteins. – Diss. Univ. Tübingen, 124 S. etc., Tübingen. [MS]
- NÄGELE, E. (1962): (wie 1959). – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **115**: 44–120, 10 Abb., 2 Tab., 8 Diagr., Taf. 3–7; Stuttgart.
- NEUMAIER, F. (1955): Das ostniederbayerische Tertiär (: 68–80, 2 Abb.). – In: Erläuterungen zur „Molassekarte“ (s. dort).
- NEUMAIER, F. (1957): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen in der ungefalteten Molasse Niederbayerns. Einführung. – Beih. geol. Jb., **26**: 1–7, 1 Abb.; Hannover.
- NEUMAIER, F. & WIESENEDER, H. (1939): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im niederbayerischen Tertiär (Blätter Griesbach und Birnbach). – Sitz.-Ber. bayer. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Abt., 1939: 177–252, 7 Abb., 2 Taf.; München.
- NÖTZOLD, T. (1957): Miozäne Pflanzenreste von der Schrotzburg am Bodensee. – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. B., 47: 71–102, 1 Prof., 2 Taf.; Freiburg i. Br.
- OELTZSCHNER, H. (1965): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Vilsbiburg 7540 (Niederbayern). – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 108 + (Anhang) 11 S., 39 Abb., 1 geol. Kt., 1 Profilaf.; München. [MS]
- PAPP, A. (1955): Bemerkungen über Vorkommen und Variabilität der Bivalvengattung *Oncophora*. – Verh. geol. Bundesanst., 1955: 120–133, Taf. 1–2; Wien.
- PAPP, A. (1981): Calibration of Mediterranean, Paratethys and Continental Stages. – Ann. géol. Pays hellén., hors sér., fasc. IV: 73–78, 1 Tab., Athen. (Proc. VIIth Internat. Congr. Mediterr. Neogene; Athens 1979.)
- PAPP, A. & STEININGER, F. (1979): Die Äquivalente des Tortonian und Messinian in der Zentralen Paratethys. – Verh. geol. Bundesanst., 1979: 161–170, 2 Tab.; Wien.
- PAULUS (1964) unter paläont. Mitarbeit von M. BROCKERT u. W. HINSCH, mit sedimentpetrogr. Beitrag v. W. ZIMMERLE: C. Schichtenfolge (Stratigraphie). I. Der tiefere Untergrund unter besonderer Berücksichtigung des von den Bohrungen Landsham 1 und Plienig 101–105 erschlossenen Tertiärs (: 9–53, 5 Abb., 7 Tab., 2 Beil.). – In: BRUNNACKER & A. (1964).
- PFANNENSTIEL, M. (1931): Die Fauna der Kirchberger Schichten von Lohn am Randen. – Sitz.-Ber. Heidelberger Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., **1931**, I. Abh.: 1–19, Tafel 1. Beitr. oberrhein. Fossilkat., Nr. 4, Berlin-Leipzig (W. de Gruyter).
- PRINZ, H. (1959): Die Geologie des unteren Großen Lautertales und des angrenzenden Donaubegebietes. Blatt Munderkingen (Nr. 7723) 1:25000. – Arb. geol.-paläont. Inst. TH. Stuttgart, N. F., **19**: 105 S., 2 Abb., 2 Taf., Stuttgart.
- PRINZ, H. (1974): Tertiär (: 11–22). Kirchberger Schichten etc. (: 31–48). – In: Geol. Karte von Baden-Württ. 1:25000, Erläuterungen zu Bl. 7723 Munderkingen. Stuttgart.
- RUTTE, E. (1954): Zwei neue Vorkommen von *Microcodium elegans* (Chlorophyceae) im Tertiär Südwestdeutschlands. – Paläont. Z., **28**: 145–154, 5 Abb., Stuttgart.
- RUTTE, E. (1955): Der Albstein in der miozänen Molasse Südwestdeutschlands. – Z. deutsch. geol. Ges., **105**, 1953: 360–383, 3 Abb., Taf. 1, Hannover.
- RUTTE, E. (1956a): Die Geologie des Schienerberges (Bodensee) und der Öhninger Fundstätten. – N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **102**: 143–282, 24 Abb., 1 Tab., Taf. 6–10, 5 Beil., Stuttgart.
- RUTTE, E. (1956b): Zur Geologie des westlichen Schienerberges zwischen Herrentisch und Stein am Rhein. – Ecl. geol. Helv., **49**: 97–111, 1 Abb., 1 Taf., Basel.
- SANDBERGER, F. (1870–1875): Die Land- und Süßwasser-Conchylien der Vorwelt. – 1000 S., 1 Tab., 36 Taf., Wiesbaden (C. W. Kreidel).
- SCHAUERTE, E. (1962): Die Geologie des Blattes Haidenburg und seiner Umgebung. (Ein Beitrag zur Kenntnis des ostniederbayerischen Tertiärs.) – Diss. naturwiss. Fak. Univ. München, 156 S., 16 Abb., 4 Tab., 1 geol. Kt. Bl. 565, 1 Profilaf., München.
- SCHEUENPFLUG, L. (1980): Neue Funde ortsfremder Weißjuragesteine in Horizonten der südbayerischen miozänen Oberen Süßwassermolasse um Augsburg. (Ein Beitrag zum Problem der REUTERSchen Blöcke). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **62**: 131–142, 1 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- SCHIESSL, K.-H. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Blatt Pleinting 537/Niederbayern. – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 93 S., 13 Abb., 4 Tab., 1 Profilaf., München. [MS]

- SCHIRM, E. (1964): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen auf Blatt Landshut Ost 7439 (Niederbayern). – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 115 + (Anhang) 16 S., 51 Abb., 1 geol. Kt., 1 Profiltaf.; München. [MS]
- SCHLICKUM, W. R. (1963): Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse von Ober- und Unterkirchberg. – Arch. Moll., 92: 1–10, Taf. 1; Frankfurt a. M.
- SCHLICKUM, W. R. (1964): Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse Niederbayerns. – Arch. Moll., 93: 1–70, Taf. 1–5; Frankfurt a. M.
- SCHLICKUM, W. R. (1970a): Die Molluskenfauna der oberhelvetischen bis untertortonischen brackischen und ausgesüßten Teile der Kohlenbohrungen zwischen Trostberg a. d. Alz und Tittmoning a. d. Salzach (Oberbayern). – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 10: 175–188, 1 Tab., Taf. 3; München.
- SCHLICKUM, W. R. (1970b): Die Molluskenfauna der Kirchberger Schichten des Chiemsee-Gebietes. – Geol. bavar., 63: 143–158, 2 Abb., 1 Tab., Taf. 10; München.
- SCHLICKUM, W. R. (1970c): Die Molluskenfauna der Kirchberger Schichten der Bohrungen Plieninger 101–104 (nordöstlich München). – Geol. bavar., 63: 159–162, 1 Tab.; München.
- SCHLICKUM, W. R. (1970d): Zur Molluskenfauna der Brackwassermolasse Niederbayerns, 3. Was ist *Lymnaea bovilleti* MICHAUD ?. – Arch. Moll., 100: 89–94, 18 Abb.; Frankfurt a. M.
- SCHLICKUM, W. R. (1971): Die beiden miozänen Brackwasserbecken der süddeutschen Molasse und ihre Molluskenfauna. – Senck. leth., 52: 569–581, 3 Taf.; Frankfurt a. M.
- SCHLICKUM, W. R. (1976): Die in der pleistozänen Gemeindegrotte von Zwiefaltendorf a. d. Donau abgelagerte Molluskenfauna der Silvanaschichten. – Arch. Moll., 107: 1–31, Taf. 1–5; Frankfurt a. M.
- SCHLICKUM, W. R. & STRAUCH, F. (1968): Der Aussüßungs- und Verlandungsprozeß im Bereich der Brackwassermolasse Niederbayerns. – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 8: 327–391, 7 Abb., 2 Tab.; München.
- SCHMEER, D. (1955): Sedimentpetrographische Beobachtungen aus der Oberen Süßwassermolasse im Bereich von Freising bis Landshut. – Z. deutsch. geol. Ges., 105, 1953: 496–517, 1 Abb.; Hannover.
- SCHMID, H. & WEINELT, W. (1978): Lagerstätten in Bayern. – Geol. bavar., 77: 160 S., 1 Lagerstättenkarte 1:500 000; München.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (1971): Odontologische Untersuchungen an Pseudosciuriden (Rodentia, Mammalia) des Alttertiärs. – Abh. bayer. Akad. wiss., math.-naturwiss. Kl., N. F., 150: 133 S., 46 Abb., 8 Tab., 2 Taf.; München.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (1972): Die obermiozäne Fossil-Lagerstätte Sandelzhausen. 6. Proboscidea (Mammalia). – Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol., 12: 83–95, 3 Abb., Taf. 4–5; München.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (1978): Funde fossiler Säugetiere auf Blatt Mühldorf 1:500 000 (: 102–108, Abb. 24–26). – In: UNGER (1978).
- SCHÖTZ, M. (1979): Neue Funde von Eomyiden aus dem Jungtertiär Niederbayerns. – Aufschluß, 30: 465–473, 8 Abb.; Heidelberg.
- SCHÖTZ, M. (1980): *Anomalomys minor* FEJFAR, 1972 (Rodentia, Mammalia) aus zwei jungtertiären Fundstellen Niederbayerns. – Mitt. Bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol. 20: 119–132, 6 Abb.; München.
- SCHÖTZ, M. (1983): Die Kiesgrube Maßendorf, eine miozäne Fossil-Fundstelle im Nördlichen Vollschorfer Niederbayerns. – Documenta naturae, 11: 1–29, 2 Abb. 3 Tab.; München.
- SCHREINER, A. (1961): Graupensandrinne, Juranagelfluh und Deckentuff im Hegau. – Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. B., 51: 245–260, 2 Abb.; Freiburg i. Br.
- SCHREINER, A. (1965): Die Juranagelfluh im Hegau. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., 7: 303–354, Abb. 26–35, Taf. 21–22, Tab. 12–17; Freiburg i. Br.
- SCHREINER, A. (1966a, 1966b): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, 8118 Engen. – Dazu (1966b): Erläuterungen, mit Beiträgen von E. BUCK (Mikrofauna), A. ECKERLE (Ur- und Frühgeschichte), F. WACKER (Bodenkunde), 190 S., 9 Abb., 7 Taf., 2 Beil.; Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- SCHREINER, A. (1966c): Zur Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse zwischen der Oberen Donau und dem Überlinger See (Baden-Württemberg). – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 48: 91–104, 5 Abb., 1 Tab.; Stuttgart.
- SCHREINER, A. (1970): Erläuterungen zur geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50 000 [von L. ERB 1967]. – 1. Aufl., 286 S., 28 Abb., 11 Taf., 5 Beil., Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- SCHREINER, A. (1973a, 1973b): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, 8219 Singen (Hohentwiel). – Dazu (1973b): Erläuterungen, mit bodenkundl. Beitrag von R. OPITZ, 130 S., 12 Abb., 4 Taf., 6 Beil., Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württ.).

- SCHREINER, A. (1976): Hegau und westlicher Bodensee. – Sammlg. geol. Führer, 62: 93 S., 22 Abb., 1 Tab., Berlin-Stuttgart (Borntraeger).
- SCHREINER, A. (1983): Geologische Karte 1:25 000 von Baden-Württemberg. Erläuterungen zu Blatt 8218 Gottmadingen. – 124 S., 8 Abb., 15 Tab., 2 Beil., 4 Taf., Stuttgart. [Karte siehe ERB & SCHREINER]
- SCHULZ, H. (1926): Morphologie und randliche Bedeckung des Bayerischen Waldes in ihren Beziehungen zum Vorland. – N. Jb. Miner. etc., Beil.-Bd. 54, Abt. B: 289–346, Taf. 21–24, Stuttgart.
- SCHWERD, K. (1978): Über die Bausteinschichten der Allgäuer und östlichen Vorarlberger Faltenmolasse zwischen Lech und Bregenzer Ach. – Geol. Jb., A 46: 3–24, 3 Abb., Hannover.
- SCHWERD, K. & UNGER, H. (1981): 6.5. Molassebecken (: 88–95, Abb. 22–24, Tab. 9). – In: Erläuterungen zur Geologischen Karte von Bayern 1:500 000, 3. Aufl., München.
- SEEMANN, R. (1929): Stratigraphische und allgemein-geologische Probleme im Obermiozän Südwest-Deutschlands. – N. Jb. Miner. etc., Beil.-Bd. 63, Abt. B: 63–122, 4 Abb., 1 Tab., Stuttgart.
- SIEGL, W. (1948): Glastuff in der oberbayerischen Molasse und seine Beziehung zur Bleicherde. – N. Jb. Miner. etc., Mh, 1945–1948, Abt. A: 77–82, 2 Abb., Stuttgart.
- STEININGER, F. F. & RÜGL, F. (1979): The Paratethys History – a Contribution towards the Neogene Geodynamics and the Alpine Orogene (an Abstract). – Ann. géol. Pays hellén., hors sér., fasc. III: 1153–1165, 1 Tab., Athen. (Proc. VIIth Internat. Congress Mediterr. Neogene, Athens 1979).
- STEININGER, F. F. & RÜGL, F. & MARTINI, E. (1976): Current Oligocene/Miocene biostratigraphic concept of the Central Paratethys (Middle Europe). – Newsletter Stratigr., 4: 174–202, 3 Abb., 1 Tab., Berlin-Stuttgart.
- STEPHAN, W. (1955): Über den Vulkanismus in der OSM (: 57). – In: Erläuterungen zur „Molassekarte“ (siehe dort).
- STIEFEL, J. (1953): Ein Beitrag zur Gliederung der oberen Süßwassermolasse in Niederbayern. – Diss. naturwiss. Fak. Univ. München, 99 S. inkl. Abb. u. Taf., 1 geol. Kt. Bl. 594 Schönau, München.
- STIEFEL, J. (1957): Wie 1953. – Beih. geol. Jb., 26: 201–259, 24 Abb., 2 Tab., Hannover.
- STORZER, D. & GENTNER, W. (1970): Spaltspuren-Alter von Riesgläsern, Moldaviten und Bentoniten. – Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 52: 97–111, 8 Abb. 3 Tab., Stuttgart.
- STRAUB, E. W. (1952): Mikropaläontologische Untersuchungen im Tertiär zwischen Ehingen und Ulm a. d. Donau. – Geol. Jb., 68: 433–518, 24 Abb., 3 Texttaf., Taf. 4, Hannover.
- STRAUCH, F. (1971): Die paläogeographische Situation der beiden miozänen Brackwasserbecken der süd-deutschen Molasse. – Senck. leth., 52: 583–588, Frankfurt a. M.
- SUTTER, C. (1960): Erläuterungen zur Geologischen Karte von Blatt Gergweis/Niederbayern. – Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München, 83 + (Anhang) 15 S., 13 Abb., 1 geol. Kt., 1 Profil-taf., 1 Lageplan, München. [MS]
- TOBIEN, H. (1957): Die Bedeutung der unterpliozänen Fossilfundstätte Höwenegg für die Geologie des Hegaus. – Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., 2: 193–208, Freiburg i. Br.
- TOBIEN, H. (1971): Oeningian. – G. Geol., 37: 135–143, 2 Abb., Bologna.
- UNGER, H. J. (1976): Die Obere Süßwassermolasse zwischen Inn und Donau. – Naturwiss. Z. Niederbayern, 26: 115–134, 7 teils pagin. Anlagen mit 17 Abb., Landshut.
- UNGER, H. J. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:500 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. L 7740 Mühl-dorf am Inn. Mit Beiträgen von W. GROTTENTHALER (Die Böden), H. HAFEMANN (Geophysikalische Untersuchungen), M. MÜLLER (Tektonik), J. KNOBLOCH (Erdöl u. Erdgas), K. LEMCKE, M. MÜLLER (Der tiefere Untergrund, Bohrprofile), N. SCHMIDT-KITTLER (Funde fossiler Säugetiere), M. SCHUCH (Die Moorkommen), J.-P. WROBEL (Hydrogeologie). – 184 S., 34 Abb., 13 Tab., 15 Beil.; München (Bayer. geol. Landesamt).
- UNGER, H. J. (1979): Die Obere Süßwassermolasse zwischen Inn und Donau. – Aspekte, 1: 14–35, 7 Abb., 2 Tab.; München.
- UNGER, H. J. (1981): Bemerkungen zur stratigraphischen Stellung, der Lagerung und Genese der Bentonit-lagerstätten in Niederbayern. – Verh. geol. Bundesanst., 1981: 193–203, 3 Abb.; Wien.
- UNGER, H. J. (1982): Bemerkungen zur Gliederung der Oberen Süßwassermolasse im Raum Mainburg. – Documenta naturae, 4: 1–18, 7 Abb., 3 Tab.; München.
- UNGER, H. J. (1983a): Geologische Karte von Bayern 1:500 000. Erläuterungen zum Blatt Nr. L 7342 Landau an der Isar. Mit Beiträgen von K. BADER (Geophysik), W. BAUBERGER (Aufschluß Halbmei-le), K. HEISSIG (Funde fossiler Säugetiere), B. HOFMANN, G. RÜCKERT & F. SCHMIDT (Die Böden), A. SELMEIER (Kieselhölzer), J.-P. WROBEL (Hydrogeologie). – 141 S., 20 Abb., 17 Tab., 6 Beil., 1 Kt.; München (Bayer. geol. Landesamt).

- UNGER, H. J. (1983b): Versuch einer Neugliederung der Oberen Süßwassermolasse. – *Geol. Jb.*, A 67: 5–35, 6 Abb., 3 Tab.; Hannover.
- UNGER, H. J. (1983c): Die Makro-Flora der Mergelgrube Aubenham nebst Bemerkungen zur Lithologie, Ökologie und Stratigraphie. – *Geol. Jb.*, A 67: 37–66, 5 Abb., 2 Tab., Taf. 1–30; Hannover.
- VOGT, K. (1980): Bentonite Deposits in Lower Bavaria. – *Geol. Jb.*, D 39: 47–68, 1 Abb., 13 Tab.; Hannover.
- WENZ, W. (1924): Die Flammenmergel der Silvanaschichten und ihre Fauna. – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F., 13: 181–186, 1 Abb.; Stuttgart.
- WERNER J. (1966): Ergebnisse der Auswertung von Flachbohrungen im Bereich des Grobsandzuges der Oberen Meeresmolasse (Gebiet Stockach – Pfullendorf). – *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F., 48: 105–120, 7 Abb.; Stuttgart.
- WERNER, J. (1975a, 1975b): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, 8020 Meßkirch. – Dazu 1975b: Erläuterungen, mit einem Beitrag von K. H. GÖTTLICH (Moorkunde), 209 S., 16 Abb., 2 Tab., 5 Taf., 8 Beil.; Stuttgart (Landesvermessungsamt Baden-Württ.).
- WITTMANN, D. (1954): Geologische Beschreibung des Kartenblattes Kößlern mit besonderer Berücksichtigung der Süßbrackwasser-Molasse. – *Dipl.-Arb. Inst. allg. angew. Geol. u. Miner. Univ. München*, 62 S., 5 Abb., 1 Beil., München. [MS]
- WITTMANN, D. (1957): Gliederung und Verbreitung der Süßbrackwassermolasse in Ost-Niederbayern. – *Beih. geol. Jb.*, 26: 49–95, 13 Abb., 2 Taf., Hannover.
- ZÖBELEIN, H. K. (1940): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im niederbayerischen Tertiär (Blatt Pfarrkirchen). – *N. Jb. Miner. etc., Beil.-Bd.* 84, Abt. B: 233–302, 6 Abb., 2 Tab., Taf. 15–18, Stuttgart. [Dsgl. Diss. Univ. München, 1939, MS]
- ZÖBELEIN, H. K. (1952): Die Bunte Molasse bei Rottenbuch (Obb.) und ihre Stellung in der Subalpinen Molasse. – *Geol. bavar.*, 12: 86 S., 9 Abb., 1 Fossilliste, 1 Lageplan mit Profil, München.
- ZÖBELEIN, H. K. (1955): Die Makrofossilien des Tertiärs aus der Bohrung Scherstetten 1 (nebst einigen Bemerkungen zur Fazies, Stratigraphie und Paläogeographie) (: 22–39). – In: *Die Erdölaufschlußbohrung Scherstetten 1 südwestlich Augsburg*. *Geol. bavar.*, 24, München.
- ZÖBELEIN, H. K. (1962): Über die Bausteinschichten in der Subalpinen Molasse des westlichen Oberbayerns. – *Z. deutsch. geol. Ges.*, 1961, 113: 261–265, 2 Abb., Hannover.
- ZÖBELEIN, H. K. (1983): Die Vorlandmolasse bei Günzburg a. d. Donau und Heggbach bei Biberach a. d. Riß im Rahmen des süddeutschen Jungtertiärs. – *Mitt. bayer. Staatsslg. Paläont. hist. Geol.*, 23: 151–187, 2 Tab., München.
- ZÖBELEIN, H. K. (1985): Helicidenschichten und Albstein in der miozänen Vorlandmolasse Südwestdeutschlands. – *Jh. geol. Landesamt Baden-Württ.*, 27, Freiburg i. Br. (im Druck).

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: 1985

Band/Volume: [25](#)

Autor(en)/Author(s): Zöbelein Hans Karl

Artikel/Article: [Stratigraphie der nördlichen und teils mittleren Vorlandmolasse zwischen Hegau und Isar anhand von 11 Profilen 209-273](#)