

documenta

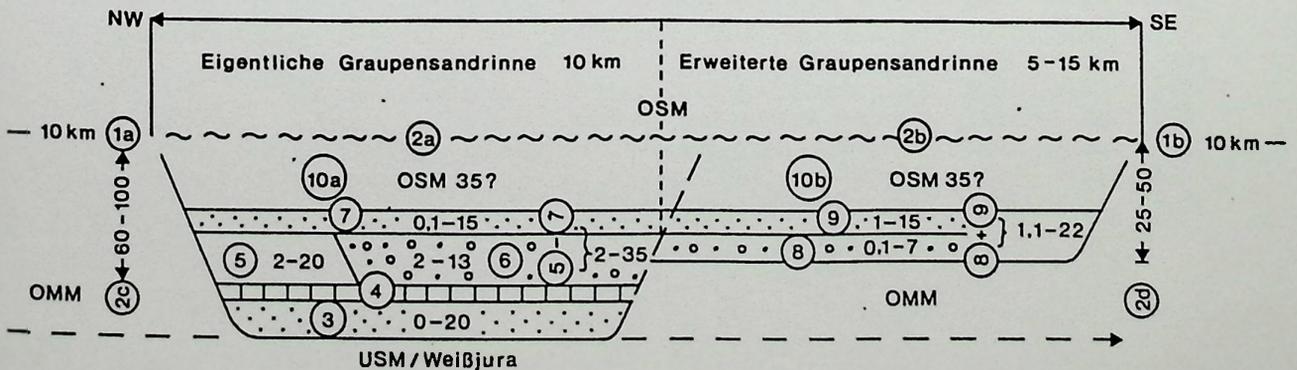
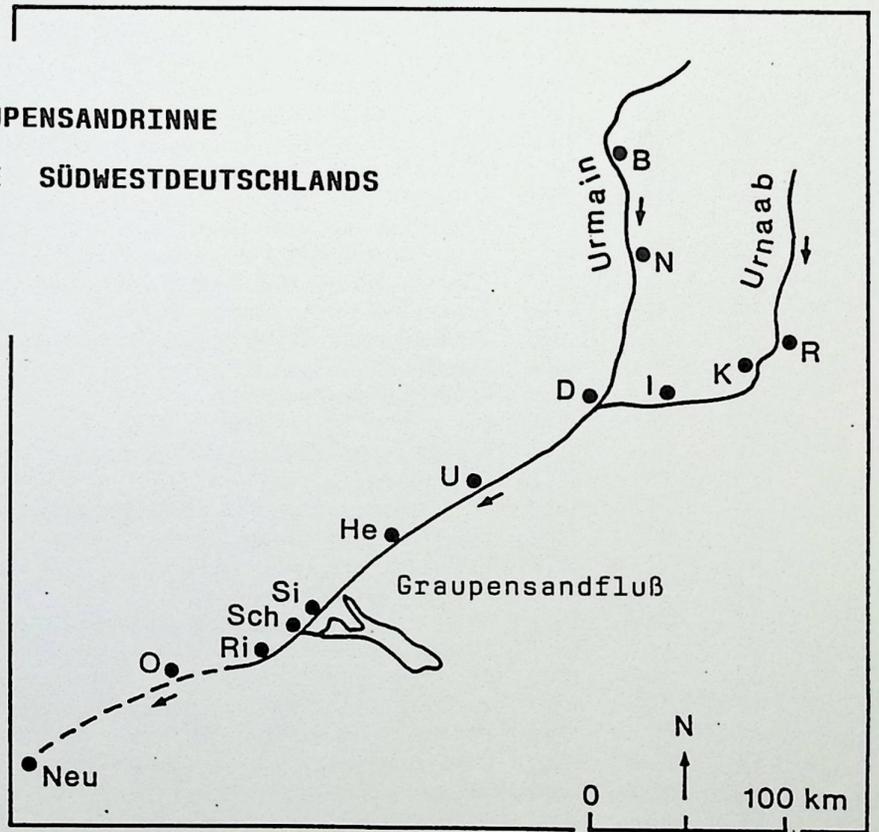
naturae

No. 91

MÜNCHEN 1995

DIE JUNGTERTIÄRE GRAUPENSANDRINNE IN DER VORLANDMOLASSE SÜDWESTDEUTSCHLANDS

von H. K. Zöbelein



DOCUMENTA NATURAE

Nr. 91

1995

ISSN

0723-8428

Herausgeber:

Dr. Hans-Joachim Gregor, Palsweiserstr. 5m, D-82140 Olching

Dr. Heinz J. Unger, Nußbaumstraße 13, D-85435 Altenerding

Die Zeitschriftenreihe erscheint in zwangloser Folge mit Themen aus den Gebieten Geologie, Paläontologie, Botanik, Anthropologie, Domestikationsforschung, Vor- und Frühgeschichte, Stratigraphie, Lagerstättenkunde usw.

Die Zeitschriftenreihe ist auch Mitteilungsorgan der Paläobotanisch-Biostratigraphischen Arbeitsgruppe (PBA).

Für die einzelnen Beiträge zeichnen die Autoren verantwortlich, für die Gesamtgestaltung die Herausgeber.

Überweisung der Schutzgebühr erbeten auf das Konto 1548460 bei der Sparkasse FFB (BLZ 700 530 70) - Inh. H.-J. Gregor.

Bestellungen bei Buchhandlungen und den Herausgebern.

Copyright: bei Verlag und Autoren.

Erscheinungsdatum der Publikation: 5.7.1995

Umschlagbild: nach Zöbelein, hier Abb. 1 und 4

S. 18⁵, 3. Zeile: kristalliner statt "kirstalliner" -- S. 26, Mitte, 6. Zeile: vgl. statt "vegl." -- S. 26, Mitte, 10. Zeile: OSM-Sedimentation statt "Sedimentations" -- S. 31, 19. Zeile: beruhen statt "berufen" -- S. 35, letzte Zeile: manche statt "mache" -- S. 39 (d) Hilzingen (statt "Hilzingen" -- S. 46, 8. Zeile: Westhang statt "Westhand" -- S. 46, 25. Zeile: zur -- S. 49: Daten der Tab. 2 schlecht lesbar; die Tab. hätte größer ausfallen können -- S. 51 Tab. 3 hätte etwas größer sein können -- S. 56, 2. Zeile: charakteristischen statt "charakterisitschen" -- S. 56, 31. Zeile: entlang statt "endland" -- S. 58, 34. Zeile: Grube statt "Brube" -- S. 59, 14. Zeile: HÜBSCHER statt "HÜBSCHER" -- S. 61, SCHOBER, 1.-2. Zeile: vorgetragen statt "vorgestragen" -- S. 61, 4. Zeile von unten: höher statt "höcher" -- S. 62, G(5), 13. Zeile: Austernagelfluh statt "Austernnagelfluh" -- S. 68, Diskussion zu (h), 7. Zeile: widersprechen statt "widersprechn" -- S. 72, 13. Zeile von unten: "als 'Schwelle'" entfällt -- S. 74, H (5), 6. Zeile: die Nrn. 7 und 9 statt "7 u. d." -- S. 74, I, 3. Zeile: Nr. 30 statt "nr. 30" -- S. 76, 3. Zeile: Sipplinger Haldenhof statt "Simmlinger Haldenhof" -- S. 77, 6. Zeile: Hohenstoffeln statt "Hohestoffeln" -- S. 77, J (1), 2. Zeile: bewogen statt "bezwogen" -- S. 81, 9. Zeile: dem Jura statt "dem Juranagelfluh" -- S. 81, 19. Zeile: dem Jura statt "dem Juranagelfluh" -- S. 81, K (2), Nr. 27 Rhynchobatus statt "Rhyncho-bates" -- S. 86, 22. Zeile: 323-324, statt "323-324" -- S. 89, 2. Zeile: in Form statt "in Form" -- S. 91²⁵: Hydrobia statt "Hydrobis" -- S. 92, 17. Zeile: ziemlich statt "zeimlich" -- S. 92, M (2), 16. Zeile: 1965a, Abb. 8) statt "1965a Abb. 8" -- 1994, Nachträge: SCHLICKUM bereits statt "bereit" -- S. 95, 15. Zeile: Graupensandrinne statt "Graupen-sandrinne" -- S. 96, 21. Zeile: vertreten statt "vertreen" -- S. 96, 31. Zeile: jenen statt "jeden"

* Dr. Hans Karl Zübelin

81545 München, 29.8.1995

Sehr geehrte Damen und Herren,

in meiner Publikation in Documenta naturae, Nr. 91, 1995 ist die Tabelle auf Seite 49 durch die beiliegende Tabelle zu überkleben. Auf meinem Beiblatt "Korrekturen" (nach Seite 108) ist Nr. 49 samt zugehörigem Text zu streichen. Mit freundlichen Grüßen *H. Zübelin*

		NW	Bereich der Erw.	SE
		Randfazies	Graupensandrinne	Beckenfazies
MIOZÄN	Mittel-Obermiozän	Obere Süßwassermolasse		
	Burdigalium	Albstein 1 m	Kirchberger Schichten Tonfazies Graupensand	Samtsand alp. Gerölle Albstein 1 m
		Helicidenmergel Deckschichten 0 - 4 m	0,3 m	Deckschichten 15 m
		Alpines Konglomerat 0 - 3,5 m		Baltringer Schichten (=Bodmansande) 1 - 6 m
		Randengrobkalk 0 - 10 m	Grobsand 30 - 60 m	Sandschiefer 70 m Muschelsandstein 2 m
				Heidenlöcher Schichten 15 - 100 m
Aquitanium	Untere Süßwassermolasse			

Die jungtertiäre Graupensandrinne in der Vorlandmolasse Südwestdeutschlands (Forschungsgeschichte, Verlauf, Entstehung, Füllung und Beziehungen zur Umrandung)

von HANS KARL ZÖBELEIN*

mit 8 Abbildungen und 3 Tabellen

Schlagwörter: Jungtertiär, Vorlandmolasse Südwestdeutschlands und der Nordostschweiz, Graupensandrinne, Bodenseegebiet.

Kurzfassung: Die „marinen“ Zeugen in der Füllung der Graupensandrinne, Austern, Haifischzähne und Glaukonit wurden aus der Oberen Meeresmolasse umgelagert. Es bestand nie eine Verbindung des postulierten Molassemeeres in der Graupensandrinne mit dem miozänen Meer der Schweiz. Dessen Schichten können nur noch mit den marinen Schichten der Umrandung der Graupensandrinne korreliert werden. Der Graupensandfluß kann nicht im SW bei Griesen-Riedern geendet haben. Man muß eine Fortsetzung des Graupensandflusses und der Graupensandrinne gegen das Rhonegebiet annehmen.

Abstract: The „marine“ evidence in the filling of the Graupensandrinne (grit river channel), oysters, shark teeth and glauconite had been shifted from the Upper Marine Molasse. The assumed connection between a molassic sea in the Graupensandrinne and the Miocene sea in Switzerland had never existed. The layers of the Swiss marine molasse can henceforth only be correlated with the marine sediments of the edges of the Graupensandrinne. The Graupensand river could not have ended in the SW near Griesen-Riedern. One must assume a continuation of the Graupensand river and its channel towards the Rhone area.

Résumé: Les témoins „marins“ dans le remplissage de la Graupensandrinne (couloir du Graupensandfluss = fleuve à gros sables), des huîtres, dents de requins et glauconite ont été arrachés à la Molasse Marine Supérieure. Il n'y a jamais eu de lien entre la mer revendiquée en ce qui concerne la Graupensandrinne et la mer miocène de la Suisse, dont les couches sont l'équivalent stratigraphique des régions limitrophes marines de la Graupensandrinne. Le Graupensandfluss ne peut avoir terminé son cours au sud-ouest près de Griesen-Riedern. Tout porte à croire que le Graupensandfluss et son couloir se prolongeaient en direction de la région du Rhône.

* Anschrift des Verfassers: Dr. Hans Karl Zöbelein, Arnpeckstr. 10, D-81545 München.

Inhaltsverzeichnis

A. Vorwort (Stratigraphische Nomenklatur, Kürzel, Danksagung)	3
B. Die Begriffe Graupensandrinne, Eigentliche Graupensandrinne, Erweiterte Graupensandrinne, Gesamte Graupensandrinne.....	5
C. Verlauf von Graupensandfluß und Eigentlicher Graupensandrinne.....	6
(1) Forschungsgeschichte.....	6
(2) Verlauf des Graupensandflusses und seiner Rinne (Abb. 1).....	6
D. Die Eigentliche Graupensandrinne in Süddeutschland.....	8
E. Die Gesamte Graupensandrinne in Baden-Württemberg, teils in der NE-Schweiz.....	9
(1) Begrenzung auf geologischen Karten (Abb. 2).....	9
(2) Die Eigentliche Graupensandrinne.....	10
(a) Nach MOOS und KIDERLEIN (: 10); (b) nach amtlichen geologischen Karten und Erläuterungen (: 10)	
F. Die Gesamte Graupensandrinne im weiteren Bodenseegebiet.....	10
(1) Erstreckung (Abb. 3).....	11
(2) Querschnitt durch die Graupensandrinne (Abb. 4)	12
(3) Quellennachweis und Bemerkungen	13
(a) Quellennachweis (Ziffern 1-10) (: 13)	
(b) Bemerkungen zu Abb. 4 (: 16)	
(c) Vergleichsdaten aus der Graupensandrinne NE Meßkirch (: 20)	
(4) Die Gesamte Graupensandrinne im Gebiet Meßkirch-Pfullendorf (Abb. 5)	20
(a) WERNER's detaillierte Befunde (: 21) mit Diskussion; (b) Die Grenze zwischen Eigentlicher und Erweiterter Graupensandrinne (: 21); (c) Die „Beckenfazies“ der OMM in der Erweiterten Graupensandrinne (: 22); (d) Verlauf des Südostrandes der Erweiterten Graupensandrinne bei Rengetweiler (: 22) mit Diskussion	
(5) Verzweigung von Eigentlicher und Erweiterter Graupensandrinne westlich von Saugau (Abb. 6)	22
(6) Der Friedinger Grobsandzug der OMM.....	23
(a) Allgemeines (: 23); (b) Der Friedinger Grobsandzug als „Faziesscheide“ (: 25) mit Diskussion; (c) Verschiedenerlei „Grobsande“ (: 26)	
(7) Muschelsandsteine und Bodmansande in der OMM Südwestdeutschlands.....	26
(a) Muschelsandsteine (: 26); (b) Bodmansande (: 28)	
(8) Entstehung der Erweiterten Graupensandrinne	28
(a) Literaturangaben (: 28); (b) Diskussion (: 29)	
(9) „Gezeiten“ und „Watten“ im Molassebecken	29
(10) Sedimentationszyklen in der OMM	
G. Grimmelfinger und Kirchberger Schichten nebst ihren Entsprechungen westlich des Bodensees (Abb. 7: 32)	31
(1) Hegau	33
(a) Anseltingen (SCHALCH 1895) (: 33); (b) Engen (SCHREINER 1959; 1966) (: 33); (c) Hegau (SAIER 1985) (: 33) (mit Diskussion und Bezug auf RUTTE's Alemonite und Astrobleme)	
(2) Reiat und Randen (Kanton Schaffhausen und Baden)	38
(a) Stetten, Lohn und Büttenhardt (SCHALCH 1881) (: 38); (b) SCHALCH (1914) (: 38); (c) Wiechs am Randen (SCHALCH 1916) (: 38); (d) Lohn am Randen (ERB 1931) (: 39); (e) GK 25 Nr. 8218 Gotmadingen (SCHREINER 1983) (: 39)	
(3) Klettgau (Baden) und Umgebung	40
(a, b) WÜRTEMBERGER (1862; 1870) (: 40); (c) GÖHRINGER (1915) (: 42); (d) SCHALCH (1921) (: 42); (e) SCHALCH (1922) (: 43); (f) v. BRAUN (1954), Tab. 1 (: 44); (g) EBERHARDT (1979) (: 46); (h) HECKEL (1983), Tab. 2 (: 48); (i) SCHOBER (1989) (: 51), Tab. 3 (: 51)	
(4) Graupensandgruben in der Eigentlichen Graupensandrinne SE und SW Schaffhausen	57
(a) Benken (: 57); (b) Wildensbuch (: 59); (c) Riedern am Sand (: 59) (Abb. 8); (d) Schlatt (: 61)	
(5) Diskussion zu G (4)	62
H. Schichtbegriffe und Schichtkorrelierungen in der Graupensandrinne des weiteren Bodenseegebietes	62
(1) Angaben der Autoren	63
(a) WÜRTEMBERGER (: 63); (b) SCHALCH (: 63); (c) MOOS (: 63); (d) KIDERLEN (: 63); (e) HAUS (: 65); (f) v. BRAUN (: 66); (g) HOFMANN (: 66) (h) EBERHARDT (: 68); (i) HECKEL (: 68); (j) ZÖBELEIN und HOFMANN (Helicidenmergel) (: 68); (k) SCHOBER (: 69)	
(2) Allgemeines zu den Schichtbegriffen und Schichtkorrelationen	70
(3) Zur „Stößbrackwassermolasse (SBM)“	70
(4) Resultate der Schichtbenennungen (a) - (k)	73
(5) Resultate der Schichtkorrelierungen	74
I. Sedimentologische Analysen aus der Füllung und teils aus den Rändern der Graupensandrinne im weiteren Bodenseegebiet	74

	(a) Grimmelfinger Schichten (: 75); (b) Kirchberger Schichten der Eigentlichen Graupensandrinne (:75); (c) Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne. Mischgeröllhorizont (: 75); (d) Auster(n)-nagelfluh (: 76); (e) Melaniensande (: 76); (f) Obere Meeresmolasse (: 76); (g) Glimmersande der OSM (: 77)	
J.	Die vermeintliche Mündung des Graupensandflusses in ein Oberhelvet-Meer um Schaffhausen	77
	(1) Literaturangaben	77
	(2) Diskussion	78
K.	„Marine“Zeugen in der Füllung der Graupensandrinne	78
	I. Westlich des Bodensees	78
	(1) Austern	78
	(a) <i>Ostrea</i> -Arten (: 78); (b) Stratigraphische Verteilung der Austern-Arten (: 79); (c) Erhaltung und Einbettung der Austernschalen (: 80); (d) Begleitfossilien der Austern (ohne Fische) (: 80)	
	(2) Hai Fischzähne: Arten, Vorkommen, Erhaltung und Begleitfossilien (ohne Austern)	81
	(3) Angebohrte Kalkgerölle	82
	(4) Glimmerit	83
	(5) Diskussion zu K 1-4	83
	(6) Folgerungen	85
	II. Östlich und nördlich des Bodensees	85
L.	Die vermeintliche Verbindung des „Molassemeeres“ in der Graupensandrinne mit dem Helvet-Meer der Schweiz	87
	(1) Literaturangaben zum Gebiet Südbaden/NE-Schweiz	87
	(a) KIDERLEN (: 87); (b) HAUS (: 87); (c) HOFMANN (: 87); (d) BÜCHI (: 88); (e) BÜCHI & HOFMANN (: 88); (f) BÜCHI & SCHLANKE (: 88); (g) HABICHT (: 88); (h) SCHREINER (: 88)	
	(2) Diskussion zu (1)	88
	(3) Gebiet vom Baseler Jura bis Eglisau-Zurzach (Hochrhein) (aus STUMM)	88
	(4) Diskussion zu (3)	89
	(5) Schweizerisches Mittelland und Juragebiet (aus BAUMBERGER)	90
	(6) Diskussion zu (3) und (5)	91
M.	Fortsetzung des Graupensandflusses von Schaffhausen nach SW	91
	(1) Belege aus der Literatur	91
	(2) Zum Südteil der Graupensandrinne zwischen Rekingen a. Rh. und Irschel (Schweiz)	92
	(3) Die Graupensandrinne auf GK 25 Andelfingen (Schweiz)	92
	(4) Fortsetzung der Albsteinschwelle von Südbaden in die Schweiz	93
N.	Nachtrag	94
O.	Zusammenfassung	95
P.	Schriftenverzeichnis	96

A. Vorwort (Redaktionswechsel, stratigraphische Nomenklatur, Kürzel, Danksagung)

Wie in ZÖBELEIN (1994: 49) gesagt wurde, mußte ich mein seit 1939/1940 verwendetes Gliederungssystem auf Verlangen des Geologischen Landesamtes Baden-Württemberg aufgeben. Die dortige Redaktion hat es durch das weniger übersichtliche Dezimalsystem ersetzt. Bei der Umstellung ergaben sich Turbulenzen, die bis zur Ausfertigung der ersten Hälfte der Druckfahne am 9. 9. 1994 nicht behoben wurden. Da außerdem unüberwindliche Meinungsverschiedenheiten über die Art des Zitierens bestanden, habe ich mein Manuskript, das in den Jh. 35 des Geol. Landesamtes Baden-Württemberg für 1993 gedruckt werden sollte, am 4. 10. 1994 zurückgezogen. Die vorliegende Publikation erscheint nicht in Zitteliana 21, 1995, wie in ZÖBELEIN 1994: 49, 108 angekündigt worden war.

In dieser Abhandlung wird die Terminologie der Zentralen Paratethys verwendet, wie sie schon in ZÖBELEIN (1983: 175 Tab. 2) wiedergegeben und (1985b: Tab. 1) bis zum Pannon sowie (1991: Tab. 1) bis zum Pont weitergeführt wurde. SCHÖBER bringt eine Gliederung der Tertiärablagerungen seines Gebietes nach alter und neuer Terminologie (s. unsere Tab. 3: 51).

Zur stratigraphischen Nomenklatur: Den herkömmlichen Begriff „Schichtfolge“ durch „Schichtenfolge“ zu ersetzen, ist unnötig, da bereits der Wortteil „-folge“ auf mehrere Schichten im Paket verweist. Die bisherige Nomenklatur wird durch solche philologischen Wortklaubereien verunsichert. Man müßte dann ja auch die seit langem verwendeten Ausdrücke Fossilführung und Fossilgehalt durch „Fossilienführung“ und „Fossiliengehalt“ und Schichtserie durch „Schichtenserie“ ersetzen.

Manche Autoren bezeichnen im weiteren Bodenseegebiet die ganze Schichtfolge zwischen der Unteren und der Oberen Süßwassermolasse als Obere Meeresmolasse (OMM), HECKEL (1983: 47, 49, s. Kap. G 3 h) „einschließlich der Süßbrackwassermolasse“ (SBM). Andere trennen OMM und Brackwassermolasse (BM). Unter letzterer verstehen sie die Füllung der Graupensandrinne (Grimmelfinger und Kirchberger Schichten und deren Entsprechungen). Da es sich aber bei ersteren um fluviatile, bei letzteren um brackische Ablagerungen handelt (s. Kap. H 4, Kap. K I 6), können beiden zusammen weder als „OMM“ noch als „BM“ bezeichnet werden. Sie stellen den tieferen Teil der Füllung der Graupensandrinne (hier „tiefere Rinnenfüllung“ genannt) dar. Die höhere Rinnenfüllung gehört zur OSM (s. Abb. 4: 12). Der Begriff „Süßbrackwassermolasse (SBM)“ wird nicht mehr angewandt (Kap. H 3, H 4 ff.).

Zur stratigraphischen Schreibweise, speziell biostratigraphischer Namen, habe ich (1985b: 238⁶) Stellung genommen. Schichtnamen schreibe ich in gewöhnlichen Lettern und gegebenenfalls mit Bindestrich (s. unten). Das Code-Committee der Stratigraphischen Kommission empfiehlt zwar (1977: 134 Nr. 8), „stratigraphische Namen unreflektiert zu benutzen“ und mit Bindestrich zu schreiben (also etwa Grimmelfingen-Schichten oder Kirchberg-Schichten). Diese auch in der englisch-sprachigen Literatur übliche Schreibweise wende ich aber bei alteingeführten Schichtnamen nicht an. Die Schweizerische Geologische Kommission meint u.a. (1973: 483): „Falls sich verschiedene lithostratigraphische Begriffe als Synonyma erweisen, ist die Prioritätsregel anzuwenden, sofern dadurch nicht bereits eingebürgerte und gut definierte Termini verlorengehen.“ Im Typusprofil von Illerkirchberg (früher Kirchberg) wurden für die hier so benannten Suevicus-Schichten in der Literatur weitere 7 Namen in ungefähr chronologischer Folge verwendet: Sand mit *Paludina varicosa*, Sand mit *Melantho varicosa*, Paludinen-Schichten, *Suevicus*-Sande, *Suevicus*-Schichten, Viviparensschichten und Viviparenshorizont. Entsprechend variiert etwa die Schreibweise bei *Oncophoraschichten*, *Oncophora*-Schichten, *Oncophora*-Schichten, *Oncophora* Schichten, *Oncophoraschichten*, *Oncophora* (*Rzehakia*) Schichten und *Rzehakia* Schichten. Davon gebe ich *Oncophora*-Schichten den Vorzug. Es mag im Einzelfall angemessen sein, die Benennung einer Schicht durch den Erstautor beizubehalten. Da aber die zoologische Prioritätsregel in der Stratigraphie nicht gilt, hängt die Wahl eines Namens von seiner Zweckmäßigkeit und seinem überwiegenden Gebrauch in der neueren Literatur ab. Abzulehnen sind jedenfalls Änderungen eingeführter biostratigraphischer Schichtnamen bei Änderung des namengebenden Fossils (SCHLICKUM & STRAUCH 1968: 336⁷; Schweiz. Geol. Komm. 1973: 482⁴; ZÖBELEIN 1985b: 238⁶), etwa *Oncophora*-Schichten in *Rzehakia*-Schichten umzubenennen, da sie zu Verwirrungen führen. – „Fossilnamen in lithostratigraphischen Termini werden nicht kursiv geschrieben“ (Schweiz. Geol. Komm. 1973: 482⁴), in vorliegender Abhandlung aber mit Bindestrich geschrieben. Hiervon weichen aber die „Richtlinien für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen“ (LANG et al. 1976) und das Code-Committee der Stratigraphischen Kommission der DUW (1977) ab, indem sie z.B. (1976: 10) *inflata*-Schichten, doch *Inflaten*-Schichten, *Manticoceras*-Stufe bzw. (Code-Committee 1977: 135, 136) *elevata*-Zone schreiben. Laut LANG & a. (: 10) müßte nach der deutschen Rechtschreibung eine Einheit, die nach einer Art benannt wird, groß geschrieben werden. „In solchen Fällen sollte gemäß paläontologisch-stratigraphischer Tradition jedoch die Kleinschreibung der Artnamen bevorzugt werden, um Art- und Gattungsnamen unterscheiden zu können...“. Dagegen meine ich, daß die von LANG & a. empfohlene Schreibweise derartiger Schichtnamen oft auf einer recht schwachen paläontologisch-stratigraphischen Tradition beruht, wie die obigen Zusammenstellungen synonymen Schichtnamen zeigen. Der Nutzen, bei biostratigraphischen Schichtnamen Gattung und Art unterscheiden zu können, ist gering. In den seltenen Fällen, wo deren

Namen nicht schon darüber Auskunft gibt, stehen bei Bedarf Lehr- und Handbücher oder Lexika zur Verfügung. Kursivschrift sollte Gattungs- und Artnamen zwecks Heraushebung im Text vorbehalten bleiben. Diese Wirkung wird aber durch teilweise kursiv geschriebene biostratigraphische Termini gemindert. Bei einer Sonderung von paläontologischer und stratigraphischer Schreibweise entfällt weiterhin die Komplikation, zwischen Inflaten-Schichten und *inflata*-Schichten unterscheiden zu müssen. Außerdem entspricht die Schreibweise Inflata-Schichten der deutschen Rechtschreibung.¹

Zur sonstigen Schreibweise: Abweichend von LANG & a. (1976: 11) schreibe ich bei gemeinsamen Publikationen von mehr als zwei Autoren „& a.“ statt „et al.“. In diesem Falle erscheint es zweckmäßig, nicht nur im Text (so LANG & a. 1978: 11), sondern auch im Schriftenverzeichnis zwischen die Namen der Autoren „&“ statt Komma zu setzen (s. ZÖBELEIN 1985b: 238⁶, Text und Lit-Verz.; 1994: 102 ff.).

Seitenzahlen müssen beim Zitieren bereits veröffentlichter Schriften neben dem Erscheinungsjahr unbedingt angegeben werden (ZÖBELEIN 1958; 1991 Kap. A). Die Empfehlung von LANG et al. (1978: 7 Nr. 3.2.8), möglichst auf Kapitel anstatt auf Seiten hinzuweisen, kann höchstens für Manuskripte gelten, die in Druckvorbereitung sind.

Stratigraphische Kürzel: BM = Brackwassermolasse; OMM = Obere Meeresmolasse; OSM = Obere Süßwassermolasse; SBM = Süßbrackwassermolasse; USM = Untere Süßwassermolasse. – OBrM = Obere Brackwassermolasse (das Kürzel OBM, das STRAUCH 1971: 584 für diese verwendet, ist „seit langem für die Obere Bunte Molasse ... gebräuchlich“, wie LEMCKE 1972: 30² bemerkt); UBrM = Untere Brackwassermolasse.

Als verkürzte Kartenbezeichnungen sind vereinbart: GK 25 Nr. ... für geologische Karten 1:25 000; GK 50 Nr. ... (z. T. auch L Nr. ...) für geologische Karten 1:50 000; GK 100 (z. T. auch C Nr. ...) für geologische Karten 1:100 000; GÜK 200 Nr. ... für geologische Übersichtskarten 1:200 000, etc.; TK 25 Nr. ... für topographische Karten 1:25 000, usw.

Leider konnten die Titel von Unterkapiteln auf dem Computer nicht halbfett geschrieben werden.

Danksagung

Für wissenschaftliche Auskünfte bin ich zu Dank verpflichtet den Herren Prof. Dr. W.-D. GRIMM, München, Dr. F. HOFMANN, CH 8212 Neuhausen am Rheinfl, Prof. Dr. K. LEMCKE, München, Dr. E.-D. MÜLLER, München-Freising, Dr. TH. SCHÖBER, 7141 Benningen, Prof. Dr. A. SCHREINER, 7803 Wildtal und Dr. E. VOLZ, 4450 Lingen, außerdem Herrn K. DOSSOW von der Bayer. Staatssamml. f. Paläont. u. hist. Geol. für die Reinzeichnung der Abbildungen.

B. Die Begriffe Graupensandrinne, Eigentliche Graupensandrinne, Erweiterte Graupensandrinne, Gesamte Graupensandrinne

MOOS (1925) und KIDERLEN (1928; 1931) sprechen nur von der „Graupensandrinne“. HAUS nennt sie (1951: 54) „eigentliche Graupensandrinne“ und (: 58) „Graupensandrinne s. str.“, nachdem er im weiteren Bodenseegebiet die „erweiterte Graupensandrinne“ (: 53 ff., 56 ff., 49 Abb. 8) von der „Graupensandrinne s. l.“ (: 63) abgetrennt hat. Bei diesen Definitionen folge ich HAUS, wobei ich

¹ Ob man etwa „*Goniatites-crenistris*-Zone (vgl. Albrecht-Dürer-Straße)“ (LANG & a. 1976: 10) mit dem vom DUDEN vorgeschriebenen, doch meines Erachtens unangebrachten ersten Bindestrich schreiben soll, wäre durch Übereinkommen zu regeln. Ich votiere für *Goniatites crenistris*-Zone.

seine Graupensandrinne s. 1. „Gesamte Graupensandrinne“ nenne, die also die Eigentliche und die Erweiterte Graupensandrinne umfaßt (s. Abb. 3 und 4: 11, 12).

C. Verlauf von Graupensandfluß und Eigentlicher Graupensandrinne

C (1) Forschungsgeschichte

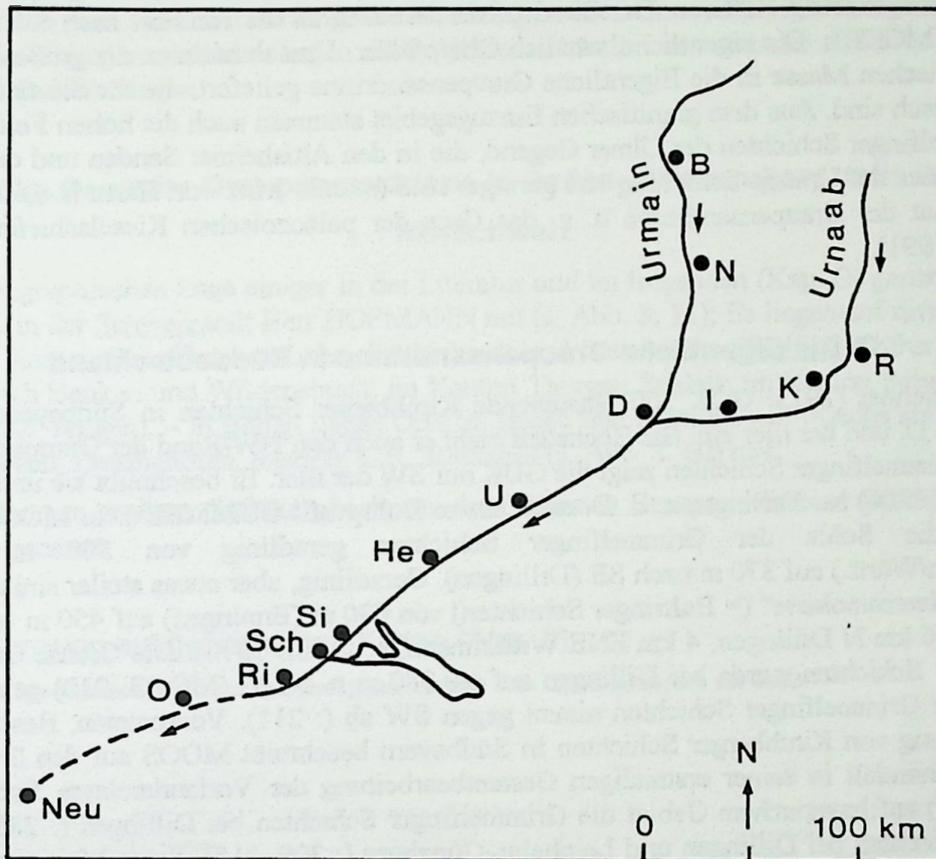
MOOS (1925: 217ff.) erkannte bei seinen Untersuchungen des Tertiärs zwischen Ulm (bzw. Riedlingen; s. seine Karte) und Donauwörth als erster die Graupensandrinne (1925: 221 ff.), wobei er sich (: 217-220) mit früheren Deutungen auseinandersetzte. Er schrieb die Graupensandrinne (: 224-227) einem Fluß zu, der aus den Schweizer Alpen über die Bodensee-Gegend längs des Jura nach NE strömte und bei Passau in das Schlier-See mündete. Die Flußsohle besteht aus USM oder Weißjura (: 208). Die OMM wurde ausgeräumt (: 246). KIDERLEN fragt (1931: 266), wie ein Fluß zur Helvet-Zeit, als in der NE-Schweiz noch das jüngere Molasse-See stand, von dort zum Schlier-See gelangen konnte. KIDERLEN bewies (1928: 601; 1931: 292 ff.) mittels Schrägschichtungsmessungen, sedimentpetrographischen Untersuchungen und mittels der Paläogeographie die Strömungsrichtung des Graupensandflusses von NE nach SW. Über seine vermeintliche Einmündung in das Helvet-See „bei Schaffhausen“ (: 303) siehe Kap. J etc.

C (2) Verlauf des Graupensandflusses und seiner Rinne (Abb. 1)

Die Eigentliche Graupensandrinne verläuft annähernd entlang dem Südostrand des Fränkisch-Schwäbischen Jura. Ihre Länge beträgt gemäß den nachgewiesenen Vorkommen von Grimmelfinger Schichten bei Ingolstadt-Manching (ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER 1986) bis Riedern in Luftlinie 257 km.² Oberstrom sind bis Regensburg weitere 55 km hinzuzurechnen (s. unten), so daß sich eine Gesamtlänge in Luftlinie von 312 km ergibt. LEMCKE (1985: 14 Fig. 1 Nr. 9; 1988: 41, 132) bezeichnet als „Graupensandrinne“ die Strecke „von Donauwörth bis südl. Schaffhausen“ bzw. bis Schaffhausen. Er folgt dabei etwas abgewandelt der Meinung von KIDERLEN (1931: 304, 307) und nachfolgenden Angaben, indem er die Mündung des Urmains bei Donauwörth annimmt. Die Strecke von Regensburg-Kelheim bis Donauwörth nennt er (1988: 40 Abb. 25) „Ur-Naab“. Dazu (1988: 41): Bei Donauwörth „mündete vermutlich von E her die Ur-Naab ein, die zu jener Zeit wahrscheinlich südl. Kelheim aus einem 'Urtal' im dortigen Albvorsprung (WEBER 1978: 140) ins Becken eintrat, wo sie die kaolin- und andalusitreichen Graupensande der tieferen 'Herrnwahlthanner Schichten' ... und bei Ingolstadt mächtige Kiese an der Tertiärbasis hinterließ ([1988]: Abb. 12; LEMCKE 1985: 15; ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER 1986: 146); ihr dürfte eine sehr typische Beimengung von großen Andalusiten in den Sedimenten der Graupensandrinne zu verdanken sein.“ DOPPLER spricht (1989: 83) von der „vermuteten Einmündung des Graupensandflusses ins schwäbisch-oberbayerische Becken zwischen Günzburg und Donauwörth“, auch (: 104) vom „vermutlichen Mündungsbereich des Graupensandflusses zwischen Dillingen und Donauwörth (z.B. LEMCKE 1985: 14, Abb. 1; BADER & FISCHER 1987: 134, Taf. 12)“ und (: 109) davon, daß im tieferen Oberrottnang „Bei Donauwörth ... die Mündung des Graupensandflusses in das östliche Meeresbecken“ liegt. Auf Abb. 12 (: 110) zeichnet DOPPLER neben dieser von N kommenden Abflußrichtung bei Regensburg zwei fragliche („?“) Teilstücke von Abflüssen nach SW und SE ein.

²Nach GEYER & GWINNER (1964: 100) können die Graupensande „bis in die Gegend von Waldshut (Riedern) verfolgt werden“, woraus bei HELING (1966: 192) eine Graupensandrinne „bis nach Waldshut – eventuell auch darüber hinaus“ wird. Waldshut liegt 17 km W von Riedern und somit weit außerhalb der Graupensandrinne.

Abb. 1. Der Graupensandfluß mit seinen Zuflüssen Urnaab und Urmain (Auszug aus LEMCKE 1985: 14 Fig. 1 Nr. 9; mit eigenen Zusätzen).



B = Bayreuth, D = Donauwörth, He = Herbertingen, I = Ingolstadt, K = Kelheim, N = Nürnberg, Neu = Neuchâtel, O = Olten, R = Regensburg, Ri = Riedern am Sand, Sch = Schaffhausen, Si = Singen, U = Ulm. – Zugesezt: Urmain, Urnaab, He, I, Ri, O.

Den Verlauf der Graupensandrinne, die damals noch nicht unterteilt wurde, zeichnen und beschreiben örtlich und regional MOOS (1925: 204, GÜK 200) zwischen Donauwörth und Riedlingen bzw. dem NE-Ende des Tautschbuchs, und KIDERLEN (1931: 272 ff., 282 ff., 304 Abb. 10) zwischen Donauwörth und dem Gebiet um Schaffhausen. Größere Strecken der Gesamten Graupensandrinne behandeln HAUS (1951: 49 Abb. 8; s. unsere Abb. 3) von ca. 52 km NE Meßkirch bis 5 km SW Riedern; die Geologische Übersichtskarte (GÜK 300) der Süddeutschen Molasse („Molassekarte“, 1954) nebst Erläuterungen von ERB & KIDERLEN (1955: 36-37) von Donauwörth bis 3 km W Tuttlingen; SCHREINER (1966b: 93 Abb. 1) von 7 km NE Meßkirch bis Schaffhausen; WERNER (1975: 2 Abb. 1) von Sigmaringen bis WNW Eigeltingen; HOFMANN (1967a: 192 Abb. 4 wie 1976: 7 Abb. 5) von 17 km N des Westendes des Überlinger Sees bis Griesen und LEMCKE (1985: 14 Fig. 1 Nr. 9) von Donauwörth bis Schaffhausen. (Über die Fortsetzung der Graupensandschüttung über Riedern bzw. Schaffhausen hinaus nach SW siehe Kap. M). Daneben finden sich Abgrenzungen der Graupensandrinne auf den geologischen Karten und in deren Erläuterungen (Kap. E 1, zu Abb. 2). Die Graupensandrinne in Südbayern und in Baden-Württemberg, teils in der NE-Schweiz, wird eingehender in Kap. D und F 1-6 dargestellt.

Diskussion: Die genannten Bezüge auf KIDERLEN betreffen den Urmain, der bei Donauwörth in die eigentliche Graupensandrinne mündete. Es handelt sich also (opp. KIDERLEN 1931: 301) nicht um den Oberlauf des Graupensandflusses. Das von ihm (: 307) geforderte, von E kommende Gewässer ist der Graupensandfluß von Regensburg bis Donauwörth (ZÖBELEIN 1986: 149 Nr. 4; 1991: Kap. C 2). WEBER's 'Urtäler' (1978; 1980; 1981) gehören zwar zum Urnaab-System (ZÖBELEIN &

FÜCHTBAUER 1986: Kap. J), doch liegt die Urnaab-Mündung und damit der Beginn der Graupensandrinne bei Regensburg-Kelheim. Der Oberlauf der letzteren ist die von dort nach SW abbiegende „Ur-Naab“ LEMCKE's. Die eigentliche, nämlich Oberpfälzer Urnaab hat u. a. die großen Andalusite aus der Böhmisches Masse in die Eigentliche Graupensandrinne geliefert, die für die Grimmelfinger Schichten typisch sind. Aus dem granitischen Einzugsgebiet stammen auch die hohen Feldspatanteile in den Grimmelfinger Schichten der Ulmer Gegend, die in den Altisheimer Sanden und den Monheimer Höhensanden der Urmain-Schüttung viel geringer sind (mündl. Mitt. von Herrn E.-D. MÜLLER). Der Urmain hat der Graupensandrinne u. a. das Gros der paläozoischen Kieselschiefer zugeführt (ZÖBELEIN 1991).

D. Die Eigentliche Graupensandrinne in Süddeutschland

MOOS zeichnet (1925: GÜK 200) anstehende Kirchberger Schichten in Südbayern zwischen Höchstädt a. d. D. und der Iller ein. Bis Höchstädt zieht er auch den NW-Rand der Graupensandrinne. Anstehende Grimmelfinger Schichten zeigt die GÜK nur SW der Iller. Er beschreibt sie und Kirchberger Schichten (: 206) bei Dillingen a. d. D. nach einem Bohrprofil GÜMMEL's. In MOOS' Abb. (: 209) sinkt die Sohle der Grimmelfinger Schichten geradlinig von 500 m im SW (Grimmelfingen/Württ.) auf 370 m nach SE (Dillingen). Geradlinig, aber etwas steiler sinkt die Sohle der „Gienger Meeresmolasse“ (= Baltringer Schichten) von 630 m (Ermingen) auf 450 m bei Stettendorf/Bergheim (6 km N Dillingen, 4 km ENE Wittlingen; s. GALL 1970). Die Grenze Grimmelfinger/Kirchberger Schichten wurde bei Dillingen auf ca. 380 m ü. N. N. (MOOS: 210) gehoben. Die Mächtigkeit der Grimmelfinger Schichten nimmt gegen SW ab (: 211). Vorkommen, Beschaffenheit und Fossilführung von Kirchberger Schichten in Südbayern beschreibt MOOS auf den S. 227 ff. – KIDERLEN behandelt in seiner erstmaligen Gesamtbearbeitung der Vorlandmolasse Baden-Württembergs (1931) auf bayerischem Gebiet die Grimmelfinger Schichten bei Dillingen (: 286) und die Kirchberger Schichten bei Dillingen und Leipheim-Günzburg (: 309, 315). Seine Meinung über den Oberlauf des Graupensandflusses im Gebiet um Donauwörth und der Altmühl habe ich (1986: 149 Nr. 4; eingehend 1991: Kap. C 2) diskutiert. Den Beweis, daß die Graupensandrinne von Donauwörth nach NE zu verlängern ist, erbrachten die Grimmelfinger Schichten in den Bohrungen von Ingolstadt (so schon TRAUB 1971) und Manching, halbwegs zwischen Donauwörth und Regensburg (ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER 1986: 151 f.). Daß die Graupensandrinne bis in die Regensburger Gegend reichte (Kap. E 2), vertraten schon SCHREINER (1959: 63), WEBER (1978; 1980; 1981; s. ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER 1986: 151 ff.) für das Gebiet südlich der GK 25 Nr. 7137 Abensberg und W. B. MÜLLER (1980; s. ZÖBELEIN 1991: Kap. E 5) für das Gebiet südlich der Laber-Flüsse (südlich Kelheim-Regensburg).³ In ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER (1986: 154 ff.) wird auch über die Graupensandrinne WSW von Ingolstadt berichtet. DOPPLER hat (1984: 28-35) zusammen mit RISCH (mikropaläontologische Bestimmungen) den tertiären Teil der Bohrung Günzburg/Reisensburg bearbeitet, die etwa 2,5 km NNW des Südrandes der Graupensandrinne liegt. Er zeichnet (1989: 92-93, Abb. 4 und 5) den „vermutete(n) S-Rand der Graupensandrinne“ auf einer Strecke (etwa 15 km) SSW Ulm bis Buttenwiesen-Lauterbach (etwa 12 km) S Donauwörth ein. Ähnlich verläuft die Südgrenze der Graupensandrinne auf der Molassekarte bis Wertingen, von wo aus sie nicht weitergeführt wurde. DOPPLER's Abb. 1 (1989: 90) zeigt einen „Profilschnitt (NNW-SSE)

³In ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER (1986: 149-151, 152 e) wurde die Diskussion erwähnt, ob die Quarzsande in den Bohrungen Neustadt a. d. Donau und Oberulrain in der Graupensandrinne ENE Ingolstadt aus den oberkretazischen Schutzfels-Schichten (so SCHMIDT-KALER) stammen. WEBER hält die Herkunft dieser Quarzsande aus dem ostbayerischen Kristallin für möglich, auf welches er auch die Quarzsande in seinen 'Urtälern' zurückführt. Nach mündl. Mitt. von Herrn E.-D. MÜLLER führen die Sedimente aus dem ostbayerischen Kristallin reichlich Feldspäte, wogegen solche in den Schutzfels-Schichten makroskopisch nicht zu finden sind. Daraus folgt, daß die Quarzsande in den beiden Bohrungen zu den Grimmelfinger Schichten gehören, falls sie Feldspäte führen. Die reichlich Feldspäte führenden Quarzsande in den 'Urtälern' stammen zumindest überwiegend aus dem ostbayerischen Kristallin, obwohl ihre Schwermineralspektren etwas von jenen der Grimmelfinger Schichten abweichen.

Engen (SCHREINER 1966a); 8119 Eigeltingen (SCHREINER 1978); 8120 Stockach (ERB & SCHREINER 1962, Erl. 1961); 8217 Tengen-Wiechs am Randen (früher Nr. 145 Wiechs-Schaffhausen, SCHALCH 1916, kein Nachdruck); 8218 Gottmadingen (SCHREINER 1983; früher Nr. 146 Hilzingen, Nr. 172 Hohentwiel, ERB 1931); 8219 Singen (SCHREINER 1973; verbessert 1989); 8220 Überlingen West (ERB, Beitr. SCHMIDLE, 1934); 8316 Klettgau (früher Nr. 157 Griessen, SCHALCH 1922, Nachdruck); 8317/8417 Jestetten (früher Nr. 158 Jestetten-Schaffhausen, SCHALCH 1921, kein Nachdruck); 8416 Hohentengen a. Hochrhein (früher Nr. 169 Lienheim, GÖHRINGER 1915, Nachdruck). – Nr. 8316 Klettgau/8416 Hohentengen (SCHOBER 1989) ist in Druckvorbereitung.

Ämtliche geologische Karten anderer Maßstäbe: GK 50 Landkreis Konstanz (vor der Kreisreform) und Umgebung (ERB 1967; Erl. SCHREINER 1970); GÜK 100 Iller-Riß-Gebiet (WEIDENBACH & a. 1950, ohne Erl.); GK 100 C 7918 Ebingen (HAHN bzw. SCHÄDEL 1976); GÜK 300 Süddeutsche Molasse (zahlreiche Autoren, 1954; Erl. 1955, Anteil Baden-Württemberg von ERB & KIDERLEN).

Topographische Karten (TK 25) 7624 Schelklingen, 7625 Ulm SW, 7626 Ulm SE, 7724 Ehingen, 7725 Laupheim, 7823 Uttenweiler, 7824 Biberach N, 7922 Saulgau W, 7923 Saulgau E, 8021 Pfullendorf, 8121 Heiligenberg. – Sch = Schaffhausen.

Die NW- samt SE-Grenze der Gesamten Graupensandrinne zeigen nur die GÜK 200 von MOOS (1925), die Molassekarte (1954) und die GK 50 von ERB (1967), wobei Eigentliche und Erweiterte Graupensandrinne nicht getrennt sind. Getrennt werden beide dargestellt auf den Skizzen von HAUS (1951; Kap. E 2 Abb. 3), SCHREINER (1966b: 93 Abb. 1 wie 1970: 49 Abb. 10), WERNER (1966; s. unsere Abb. 5: 21) und HOFMANN (1967a: 192 Abb. 4 wie 1976: 7 Fig. 5 = unsere Abb. 7: 32).

E (2) Die eigentliche Graupensandrinne

(a) Nach MOOS und KIDERLEN

MOOS (1925) und KIDERLEN (1928; 1931) sprechen nur von der „Graupensandrinne“, von der erst HAUS (1951) die Erweiterte Graupensandrinne abgetrennt hat. Detaillierte Angaben folgen in den anschließenden Kapiteln. MOOS zeichnet (1925 GÜK 200) und beschreibt (: 204 ff.) Grimmelfinger Schichten von Dillingen a. d. D. bis zum NE-Ende des Tautschbuchs bei Zwiefaltendorf und Kirchberger Schichten (: 227) von Illerkirchberg bis zum SW-Ende des Landgerichts. Er bringt auch (: 233) nach Literaturangaben einen Überblick über die Kirchberger Schichten in der Eigentlichen Graupensandrinne im „Reyath-Meißkircher Bezirk“. – KIDERLEN hat (1931) eine Menge Daten über die Verbreitung (: 267 ff.) und Begrenzung (: 274 ff., 280 ff.) der Grimmelfinger Schichten von der Ulmer bis in die Schaffhausener Gegend geliefert. Zu diesen Belegen für die Eigentliche Graupensandrinne kommen zahlreiche Angaben (: 282 ff.) über deren Breite, Untergrund, Relief und Sedimentationswechsel. Auf das Gebiet von Ulm bis in den Hegau erstrecken sich auch KIDERLEN's Untersuchungen über die Verbreitung und Stratigraphie der Kirchberger Schichten (: 308 ff.). Spezielle Darlegungen KIDERLEN's werden in den weiteren Kapiteln erörtert.

(b) Nach amtlichen geologischen Karten und Erläuterungen

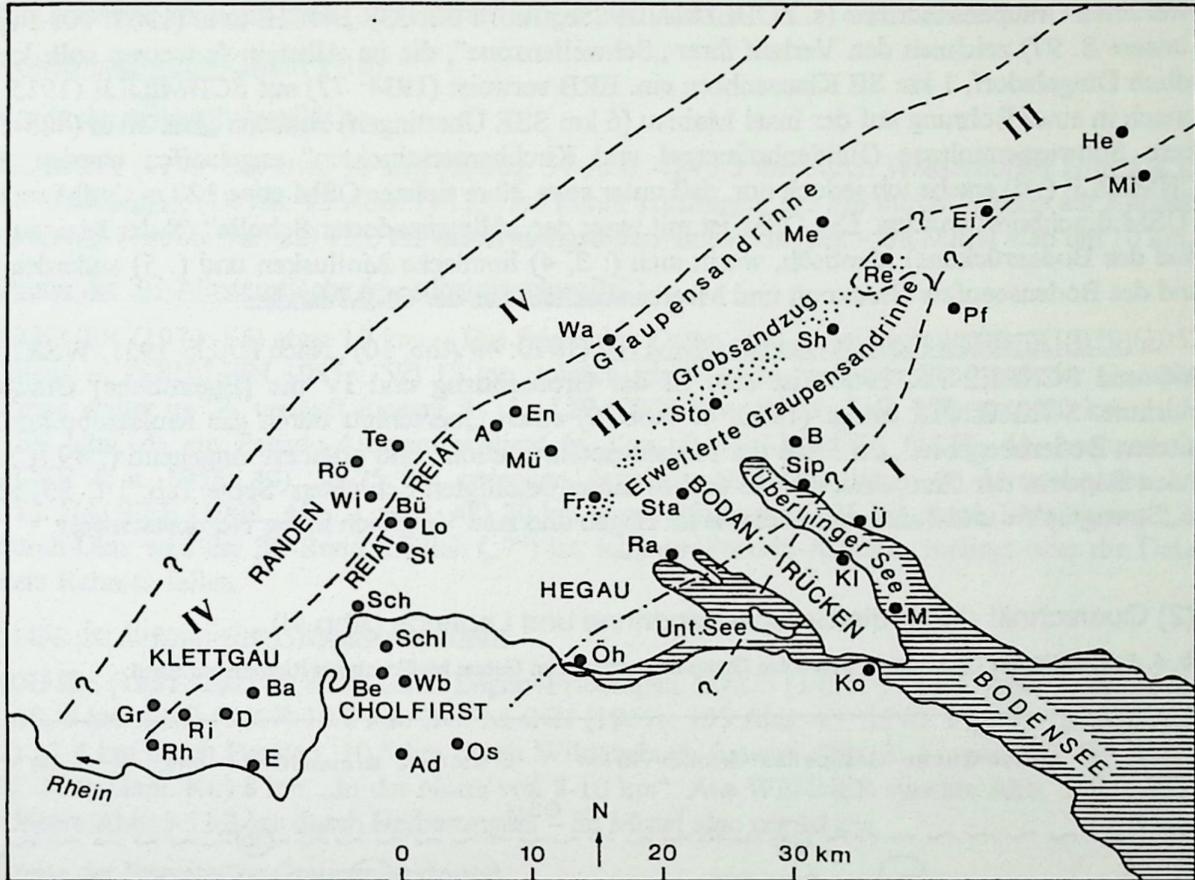
Weitere Angaben über die Eigentliche Graupensandrinne und ihre Füllung sind in den amtlichen geologischen Karten (GK 25, GK 50 Konstanz; s. Kap. E 1 Abb. 2) und ihren Erläuterungen enthalten. Die Verfasser zitieren oft KIDERLEN (1931). Seine Angaben und die weiterer Autoren über das Riedlinger Becken haben auch ZÖBELEIN (1977: 302 ff., Profiltaf. 1) und HEIZMANN (GK 25 Nr. 7822) herangezogen.

F. Die Gesamte Graupensandrinne im weiteren Bodensee-Gebiet

HAUS hat in seiner richtungsweisenden Veröffentlichung (1951) die Eigentliche und die Erweiterte Graupensandrinne voneinander getrennt.

F (1) Erstreckung (Abb. 3)

Abb. 3. Die Gesamte Graupensandrinne im weiteren Bodensee-Gebiet. Auszug aus HAUS (1951: 49 Abb. 8). Ortsnamen teils weggelassen, teils wie einige Gebietsnamen und die strichpunktierte Linie (ca. Sipplingen – Öhringen) zugesetzt.



„Sedimentationsbereiche“ bei HAUS (1951: 49 Abb. 8, 50): „I = Verbreitungsgebiet des [südöstlichen] Albsteins [= Albsteinschwelle]; II = Erweiterte Graupensandrinne; III = [Eigentliche] Graupensandrinne; IV = Zone der äußersten Randbildungen des Miozänmeeres“ [mit der nordwestlichen Albsteinfläche; s. dazu ZÖBELEIN 1985a: 58-59; unsere Abb. 4 Nr. 1a: 12].

Ortsnamen: A = Anselfingen, Ad = Andelfingen, B = Bonndorf, Ba = Baltersweil, Be = Benken, Bü = Büthenhardt, D = Dettighofen, E = Eglisau, Ei = Einhart, En = Engen, Fr = Friedingen, Gr = Grießen (Griessen), He = Herbertingen, K = Klausen, Ko = Konstanz, Lo = Lohn, M = Mainau, Me = Meßkirch, Mi = Miesterkingen, Mü = Mühlhausen, Oh = Öhringen, Os = Ossingen, Pf = Pfullendorf, Ra = Radolfzell, Re = Rengetzweiler, Rh = Reutehof, Ri = Riedern am Sand, Rö = Riedöschingen, Sch = Schaffhausen, Schl = Schlatt, Sh = Sentenhardt, Sip = Sipplingen, St = Stetten, Sta = Stahringen, Sto = Stockach, Te = Tengen, Ü = Überlingen, Wa = Wasserburger Hof, Wb = Wildensbuch, Wi = Wiechs am Randen. – Weitere Orte bei HAUS (1951: 49 Abb. 8), ERB (1967, GK 50 Konstanz etc.), WEIDENBACH (1931; 1933, GÜK 200 Württemberg, Blätter 3 und 4). – Reiat (früher „Reyath“) und Cholfirst (früher „Kohlfirst“) nach neuerer Schreibweise.

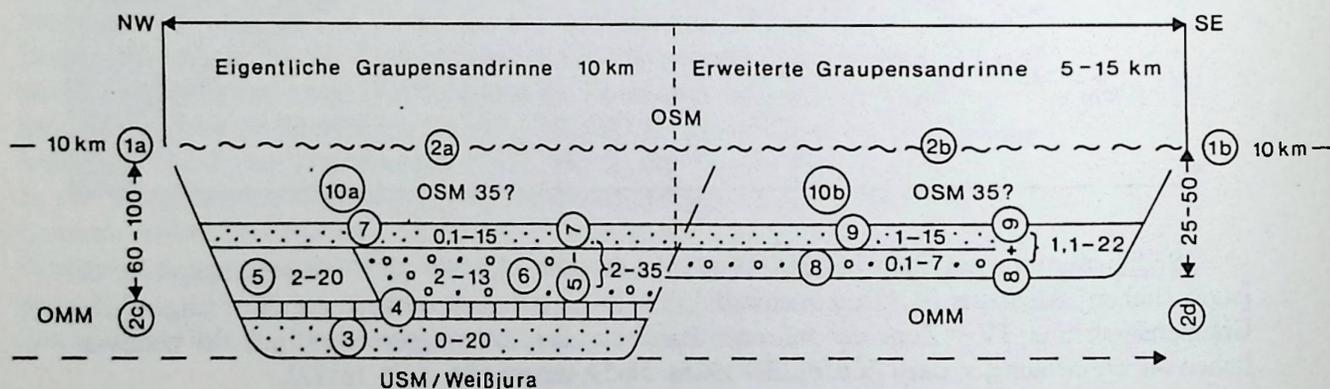
Verlauf der SE-Grenze der Erweiterten Graupensandrinne zwischen Überlinger See und Untersee: Der strichpunktierte Verlauf wurde aus HOFMANN übernommen (1967a: 192 Abb. 4 wie 1967c: 7 Fig. 2 wie 1976: 7 Fig. 5). Die Linie endet auf der Molassekarte (1954) 6 km ESE, bei SCHREINER (1966b: 93 Abb. 1 wie 1970: 49 Abb. 10) ca. 4 km SSW Radolfzell. Der gestrichelte Verlauf stammt aus HAUS (1951: 49 Abb. 8) und, bis zur Insel Reichenau, aus ERB (1967). Zuzufolge der bei ZÖBELEIN (1983: 166) zitierten Literatur sind im Untergrund von Öhringen Kirchberger Schichten anzunehmen. Dann trifft von den beiden Varianten die gestrichelte eher zu. Tatsächlich

verläuft die Grenze aber weiter im SE. Denn ERB vermerkt (1934: 24, GK) Kirchberger Schichten noch am Ufer des Überlinger Sees bei „Klausenhorn“ (1 km NNW Dingelsdorf, 2 km S Überlingen). Dort, bei St. Nikolaus, zeichnet SCHALCH (1901: Taf. V, 295) „Meeresmolasse“ ein. SCHREINER bringt (1970: 70 Tab. 4) vom Klausenhorn eine Geröllanalyse von „Basis Bodmansande“, also aus der Erweiterten Graupensandrinne (s. ZÖBELEIN 1985b: Tab. 1 Nr. 33). BÜCHI & a. (1965: 103 Fig. 4; s. unsere S. 97) zeichnen den Verlauf ihrer „Schwellenzone“, die im Albstein fortsetzen soll, knapp südlich Dingelsdorf, 1 km SE Klausenhorn ein. ERB verweist (1934: 77) auf SCHMIDLE (1915: 6), wonach in einer Bohrung auf der Insel Mainau (6 km SSE Überlingen) zuoberst „Bis 30 m (405-375) Obere Süßwassermolasse (Haldenhofmergel und Kirchbergerschichten“ angetroffen wurden. Aus SCHMIDLE (: 6) ersehe ich jedoch nur, daß unter etwa 30 m tiefster OSM etwa 120 m OMM und 66 m USM durchbohrt wurden. Die OSM ist mit jener der „Allmannsdorfer Scholle“ (S der Mainau, am Rand des Bodanrückens) identisch, worin sich (: 3, 4) limnische Mollusken und (: 5) außerdem im Sand des Bodenseeuferes Glaukonit und Meeresmuscheln aus der OMM fanden.

In SCHREINER's Fazieszonen der OMM I-V (1970: 49 Abb. 10) „Nach HAUS 1951, WERNER 1966 und SCHREINER 1966“ ist sein III der Grobsandzug und IV die [Eigentliche] Graupensandrinne. SCHREINER bringt (1970: 48 Abb. 9) einen Querschnitt durch das Molassebecken im weiteren Bodenseegebiet „am Ende der Molassesedimentation“ und erläutert eingehend (: 49 ff.) die an den Rändern der Graupensandrinne und in dieser beteiligten Schichten. Seine Tab. 1 (: 35) zeigt die „Stratigraphie und Fazies der Molasse im Hegau und zum Vergleich in der Nordostschweiz.“

F (2) Querschnitt durch die Graupensandrinne und Legende (Abb. 4)

Abb. 4. Schematischer Querschnitt durch die Graupensandrinne im Gebiet Meßkirch bis Riedern am Sand.



Legende: Ohne Maßstab und Tektonik, ohne Austernmagelfluh, Melaniensande und Juranagelfluh. Strecken (1a-2b) in km, sonstige Daten (Mächtigkeiten mit Maxima und Minima, Tiefen) in m.

1a = anstehender Albstein auf der nordwestlichen Albsteinfläche; 1b = anstehender Albstein auf der südöstlichen Albsteinfläche (= „Albsteinschwelle“, „Albsteinplatte“); 2a = Breite der Eigentlichen Graupensandrinne mit ehemals anstehendem, bei deren Eintiefung entferntem Albstein; 2b = Breite der Erweiterten Graupensandrinne mit ehemals anstehendem, bei deren Entstehung entferntem Albstein; 2c = Tiefe der Eigentlichen Graupensandrinne; 2d = Tiefe der Erweiterten Graupensandrinne; 3 = Grimmelfinger Schichten (Graupensande und deren feinerkörnige Anteile); 4 = Schichtlücke; 5 = Tonmergelfazies (Typusfazies) der Kirchberger Schichten; 6 = Geröll- und Sandfazies der Kirchberger Schichten; 7 = Feinsand- („Staubsand“- „Samtsand“-) Fazies der Kirchberger Schichten; (die darüber folgenden „Übergangsschichten“ und dann die Kalkbänke, die beide noch zum „Oberhelvet“ gehören (s.: 15), wurden nicht ausgeschieden.) 8 = Mischgeröllhorizont der Kirchberger Schichten; 9 = Samtsande der Kirchberger Schichten; 10a, 10b = OSM in der Graupensandrinne bis zu deren Auffüllung – Damit endete die Abtragung auf den Flächen beiderseits der Graupensandrinne. Die dortige Sedimentationsunterbrechung wird als oberhelvetisch-untertortoner

Hiatus (im Oberrottnang bis Unterkarpat) bezeichnet (Lit. in ZÖBELEIN 1985a: 60; 1985b: 213 Nr. 8, 219 Nr. 37).

F (3_a) Quellennachweis und (3b) Bemerkungen zu Abb. 4

(a) Quellennachweis (Ziffern 1-10)

1a. Breite der NW-Albsteinfläche

SCHREINER (1970: 64) etwa 10 km; (1966a: 57 Abb. 4) 13,5 km durch Wasserburger Hof, 8,4 km durch Anselfingen; (1966b: 93 Abb. 1) 13,7 km durch Tuttlingen, 9,5 km durch Wiechs am Randen-Blumenberg, (1966b: Taf. 22) 13,3 km durch Hongstetten-Immendingen. – Im Mittel also um 10 km.

1b. Breite der SE-Albsteinfläche (= „Albsteinschwelle“)

SCHREINER (1970: 65) etwa 10 km. – Die folgenden Daten sind revisionsbedürftig: HAUS (1952: 28, zitiert in ZÖBELEIN 1985a: 59) 15 km, tatsächlich weniger, weil der SE-Rand der Graupensandrinne weiter im SE verläuft (unsere S. 11). LEMCKE & a. (1953: Tafj. VII) etwa 20 km an der Iller SE Ulm, da ein Pseudo-Albstein vorliegt (s. Kap. H 3), LEMCKE (1988: 41, bezogen auf LEMCKE & a. 1953: 40), 15-25 km zwischen Augsburg und Überlingen (s. Vorstehendes und HAUS). NÄGELE (1962: Abb. 1 zu S. 48) 30 km durch Pfullendorf, 25 km durch Überlingen, 17,5 km durch Ulm, weil der SE-Rand fraglich („?“) ist, teils ein Pseudo-Albstein vorliegt oder die Daten aus dem Rahmen fallen.

2a. Breite der Eigentlichen Graupensandrinne

KIDERLEN (1931: 282) 10,8 km durch Engen-Friedingen. HAUS (1951: 57 bzw. Abb. 8) ca. 10 km bzw. 10, 8 km. ERB (1967) 10,8 km. HOFMANN (1967a: 193 Abb. 4 = 1976: Fig. 5 = unsere Abb. 7: 32) 11,4 km durch Benken, 10,5 km durch Wildensbuch (unsere Abb. 3: 11 und 59). WERNER (1975: 38 u. Geol. Kt.) 8 km, „in der Norm von 8-10 km“. Aus WERNER (unsere Abb. 5: 21, 22) 8 km. Unsere Abb. 3 11,3 km durch Herberlingen. – Im Mittel also um 10 km.

2b. Breite der Erweiterten Graupensandrinne

WERNER (1966: 108, 113 Abb. 5; 1975: 36; unsere Abb. 5: 21, 22) 5 [8] bzw. 7,1 [8] km, „im mittleren Bereich“ 5-15 km. HOFMANN (1967a: 193 Abb. 4 = 1976: 7 Fig. 5 = unsere Abb. 7: 33) 9 km durch Benken. Aus 2a + 2b (siehe unten) minus 2b laut KIDERLEN (1931: 282), HAUS (1951: 49 Abb. 8), ERB (1967) bei Engen-Friedingen 15 km. HAUS (1951: 57) am Bodensee ca. 15 km. Molassekarte (1954) 5 bzw. 10 km durch Pfullendorf bzw. Altheim. – Breitenbereich demnach rund 5-15 km.

2a + 2b. Breite der Gesamten Graupensandrinne

KIDERLEN (1931: 282) 25,8 km. HAUS (1951: 57 u. 49 Abb. 8) ca. 25 km auf der Höhe des Überlinger Sees. FÜCHTBAUER (1954: 33 Abb. 2f) 25 km in Bodenseenähe. SCHREINER (1965: 326; 1966a: 58) 25 km im Hegau, (1970: 64) 20 km, (1970: Beil. 2) 22 km bei Singen, 20 km bei Bonndorf, 20,5 km bei Stein a. Rh., (1973: 8; 1976: 16; 1978: 17; 1983: 16) 20 km im westlichen Bodenseegebiet und Hegau. HOFMANN (1967a: 199) um 20 km, (1967a: 192 Abb. 4 etc = unsere Abb. 7: 33) 20,5 km durch Schaffhausen-Benken, 21 km durch Benken-Riedern, 25 km durch Olten. ERB (1967) 22,5 km durch Bodanrücken. WERNER (1975: 38 Abb. 2 = unsere Abb. 5: 20) ca. 20 km durch Altheim, ca. 17 km durch Pfullendorf. Molassekarte (1954) 15 km durch Pfullendorf. SCHREINER (1979: 37) 25 km. – Also ca. 15-25 km.

2c. Tiefe der Eigentlichen Graupensandrinne

SCHREINER (1959: 63) 80 m, (1961: 247, 257) 50-80 m im Hegau, (1965: 326) meist 60 m unter dem Niveau des Randen-Grobkalks, (1966a: 46) 60-80 m unter diesem Niveau [dazu 6-8 m bzw. rund

10 m bis zur Albstein-Oberfläche (s. SCHREINER 1966a: 40 Abb. 3, 41) = ca. 70-90 m Gesamttiefe der Graupensandrinne], (1966b: 99 Abb. 4) 60 m, (1970: 65) „um 100 m tiefer“ liegen die Graupensande als der NW-Rand der Graupensandrinne bei Wiechs, Tengen usw., (1970: 154) 60-80 m tiefer als der Albstein liegt die Oberfläche der Kirchberger Schichten am NW-Rand der Graupensandrinne [deren Sohle bei Annahme mittlerer Mächtigkeiten der Kirchberger und Grimmelfinger Schichten wohl etwa 100 m unter dem Albstein], (1976: 16) 40-70 m in Hegau und westlichen Bodenseegebiet, (1983: 16) BM etwa 50 m tief in OMM eingeschnitten. HOFMANN (1990) rund 100 m; auch bei Schaffhausen (briefl. Mitt.). – Die Gesamttiefe beträgt maximal etwa 80-100 m.

2d. Tiefe der Erweiterten Graupensandrinne

HAUS (1951: 53) 25 m. ERB & a. (1961: 21) max. ca. 30 m, (1961: 23) max. bis zu 47 m [bis 7 m Mischgeröllhorizont + bis 15 m Samtsande + (: 46/47) 25 m Haldenhofmergel der OSM], (1961: Beil. 5) 50 m. SCHREINER (1966b: 99 Abb. 4) 30 m, (1970: 65) 40 m auf dem Bodanrücken, (1970: 66) 30-50 m. – Tiefe demnach 25 (30)-50 m.

3. Mächtigkeiten der Grimmelfinger Schichten

MOOS (1925: 211) 0,63 m bei Anselfingen, 0,63 m W Büttenhardt, mindestens 2 m bei Lohn, mindestens 1,75 m bei Stetten. KIDERLEN (1931: 375 Nr. 23) 0,13 m bei Büttenhardt, (1931: 376 Nr. 25) ca. 18 m bei Benken. ERB (1958: 106; s. SCHREINER 1961: 247, 250 Abb. 1) einige dm in der Bohrung Beuren am Ried, 4 km ESE Blumenfeld, Bl. 8218 Gottmadingen. SCHREINER (1966a: 48; 1970: 66) 0,3-0,4 m bei Anselfingen, (1966a: 50) 0-0,01 m bei Brudertal, 2 km ENE Engen, (1970: 66) 6 m bei Benken, (1976: 17; 1983: 16) wenige dm im Hegau und auf Bl. 8218, (1978: 18, 20) 2,5 bzw. 3,3 m, (1978: 18, 65 Bohrung Nr. 6) 10 m auf Bl. 8119 Eigeltingen, (1979: 37) 3 m auf Bl. 8019 Neuhausen ob Eck. WERNER (1975: 39) i. allg. wenige dm oder 0, (1975: 40) einige m, z.B. bei Madachhof 3,2 m aufgeschlossen, (1975: 143, Bohrungen S 185, S 186) 4 bzw. 2 m, (1975: 184, Bohrung A 17) 9 m. HECKEL (1983: 56 ff.) 20 m bei Riedern im NW-Teil der Grube, 5,5 m im SE-Teil, 2 m bei Kätzler-Kirchberg. SCHOBER (1989: Tab. 3, Tab. 8 = unsere Tab. 3: 11) 0-20 m im Klettgau. HOFMANN (1987: 128) bis 15 m im Cholfirst-Gebiet (Benken), wenige dm auf dem Reiat, (Blatt Beggingen, MS 1990) meist kaum 0,5 m. – Also 0-20 m.

4. Schichtlücke

Laut MOOS (1925: 234) besteht überall eine scharfe Grenze zwischen den Grimmelfinger und Kirchberger Schichten. Die letzteren liegen in Erosionsrinnen, teils sogar unmittelbar auf Weißjura. Es muß also (: 234, 211) „eine gewisse Erosion zwischen der Ablagerung der Graupensande und derjenigen der Kirchberger Schichten stattgefunden haben.“ Laut KIDERLEN (1931: 273, 292, 375-376) sind auf dem Reiat wie bei Riedern und Benken Kirchberger Schichten infolge „Aufarbeitungsdiskordanz“ („Ausräumungsdiskordanz“) in Mulden und Rinnen der Grimmelfinger Schichten eingesenkt. SCHREINER verweist (1983: 19) auf die erosive Unterseite der Kirchberger Schichten. Die Schichtlücke wird auch durch die (bis auf 0 m) reduzierte Mächtigkeit der Grimmelfinger Schichten (s. Nr. 3) belegt. Darstellung der Schichtlücke in ZÖBELEIN 1985b: 215 Nrn. 22/21 auf Taf. 1 im 2. Profil.

5. Mächtigkeit der Kirchberger Schichten in „Ton“- oder „Mergel“- bzw. Tonmergelfazies

KIDERLEN (1931: 373 Nr. 22) 2,46 m, (1931: 374 Nr. 23) 5,2 m. ERB (1958: 106) nahezu 12 m in Bohrung Beuren a. R. (s. SCHREIBER 1961: 250 Abb. 1). WERNER (1975: 43) 6,5 m, (1975: 44, 55, 181 Bohrung A 7) 14,5 m, plus evtl. 3,5 m „Übergangsschichten“, dann 18 m, (1975: 179 Bohrung A 1) 14,5 m Ton und Tonmergel, darunter 5 m Feinsand bei Hölzle = 19,5 m, (1975: 130-131 Bohrung S 86) 10 m, (1975: 131 S 88, 141 S 174) 3 m, (1975: 134-135 S 118) 14 m, (1975: 139 S 160) 7,5 m. SCHREINER (1966a: 47) 2 m, (1976: 19) 10 m, (1976: 20) 5-6 m, (1976: 21) 10 m, darüber 10 m Kirchberger Schichten in Juranagelfluh-Fazies, (1976: 65 Bohrung Nr. 6) 11 m, (1976: 65-66, Nr. 7) 6 m, (1978: 19, 65) 10 bzw. 11 m, (1979: 37, 39) bis 25 m (jedoch auch in Nrn. 5-7), 20 m

laut Profil auf der Karte, (1983: 17, 98, nach ERB 1958) 12 m. – Somit 2-20 m. Die typische Ausbildung von Nr. 5 endet nach KIDERLEN (1931: 273, 318) am Reiat.

Breite der Tonmergelfazies: WERNER (1966: 114; s. unsere Abb. 5: 20 Nr. [1a]) 2-3,5 km. SCHREINER (1970: 68; 1983: 17) 1-2 km.

6. Mächtigkeit der Kirchberger Schichten in Geröll- und Sandfazies

KIDERLEN (1931: 375 Nr. 24) 3,5 m bei Riedern (wohl Teil- oder gekappte Mächtigkeit), (1931: 375 Nr. 25) 15 + x m bei Benken. ERB (1931: 22) 6 m sichtbar, 9 m laut SCHALCH (1914: 732) in einer Bohrung. SCHREINER (1961: 249) 5 m Geröll, darüber 5,5 m Feinsande (Nr. 6 ?, 7 ?); (1966a: 47) 2 m; (1970: 67) etwa 10 m bei Benken, (1970: 68) 5m NW Lohn, (1973: 11) 2 m am Mühlberg-N-Rand; (1983: 17) 3-6 m, Rütönen bei Lohn, (1983: 18) 6,5 m bei Almenbühl, (1983: 103 Bohrung 11 bei Heiliggrab) 10 m, (1983: 106 Bohrung 20 bei Hilzingen) 13 m, (1983: 28 Bohrung 28 am Hohentwiel) 7 m. – Demnach 2-13 (2-15+x?) m.

7. Mächtigkeit der Kirchberger Schichten in Feinsand- („Staubsand“- „Samtsand“-) Fazies

SCHREINER (1961: 249) 5,5 m N des Mägdefrau-Gipfels; (1966a: 47) 2 m, (1966a: 49) 0,1-0,4 m am W-Rand von Engen, (1966a: 50) etwa 5 m SE Bittelbrunn; (1973: 9) 6-10 m auf Bl. 8219 Singen, (1973: 11) 6 m am Mühlberg-N-Rand. Dazu gehören etwa 5 m „Übergangsschichten“ bei SCHREINER (1966a: 50, 52, 53) und 2-3,8 m bei WERNER (1975: 44, 55, 58) bei Krumbach-Boll; (die 1,5 m mächtigen in dessen Bohrung S 333 in der SE-Ecke des Blattes liegen über Nr. 9). Die von beiden Autoren als OSM betrachteten „Übergangsschichten“ gehören zu den Kirchberger Schichten (s. unsere S. 19, 73 h). – Nr. 7 ist demnach 0,1-15 m mächtig.

5.-7. Gesamtmächtigkeit der Kirchberger Schichten

SCHREINER (1966a: 40 Abb. 3) 0-30 m, (1966a: 47) 10,5 m am W-Rand von Engen, darüber etwa 35 m Jüngere Juranagelfluh, z. T. der Kirchberger Schichten, (1966a: 50) etwa 30 m (: 51) bis 35 m bei Mühlhausen, (1966a: 51) 30-35 m bei Mühlhausen, (1966a, Profil am Rand von Bl. 8118 Engen) 2-10 m; (1970: 67) ca. 10 m im Engener Gebiet; (1976: 17) 10-20 m „Brackwassermolasse“ bei Engen; (1979: 37) bis 25 m; (1983: 19, 106 Bohrung 19 bei Riedheim) Sand, oben fein, unten mittelkörnig, mit mergeligen Lagen, etwas Geröll (wahrscheinlich Nachfall), „scheint hier bis zu 21 m zu erreichen“; Lage zwischen USM und Jüngerer Juranagelfluh. HOFMANN (1987: 194) mindestens 35 m Äquivalente der Kirchberger Schichten am Cholfirst, 3-5 m auf dem Reiat. HOFMANN (Erl. zu Blatt Beggingen, MS 1990) rund 20 m bei Benken am Cholfirst. Aus unseren Nr. 5-7 etwa 2-34,5 m. – Rund 2-35 m.

8. Mächtigkeit des Mischgeröllhorizontes der Kirchberger Schichten

KIDERLEN (1928: 605) 1,5-2 m (darunter 3 m Lücke im Profil am Kaienhohlweg bei Bonndorf. ERB (1934: 21) bis 6 m, (1934: 24) über 4 m. HAUS (1951: 56) meist unter 0,5 m, W Billafingen etwa 7 m, (1951: 59) 6 m. ERB & a. (1961: 23) bis 7 m, (1961: 40) 0,2-7 m, (1961: 126 u. Beil. 3) ca. 0,2 m. SCHREINER (1968a: 47) 1 m; (1970: 69) 0,1-5 m; (1973: 9-10) 0,1-5 m; (1976: 17) 0,1-0,2 m bis mehrere m. – Also 0,1-7 m.

9. Mächtigkeit der Samtsande der Erweiterten Graupensandrinne

KIDERLEN (1928: 605) 14 m am Kaienhohlweg. ERB (1934: 21) bis 15 m, (1934: 24) etwa 10 m bei Hinter-Frauenberg, 20 m scheinbare Mächtigkeit beim Liggeringer Hochbehälter. HAUS (1951: 59 unter Hinweis auf ERB 1934: 24) „bis ? 20 m“. ERB & KIDERLEN (1955: 37) bis 15 m. ERB & a. (1961: 25) bis 15 m, (1961: 40) 2-12 m, 10-12 m, (1961: 126 Nr. 25 u. Beil. 3) 9 m. SCHREINER (1970: 68; 1973: 68-69) 5-10 m; (1976: 17) etwa 10 m. – Demnach 2-15 m.

8. + 9. Gesamtmächtigkeit der Kirchberger Schichten

0,1-7 m + 2-15 m = 2,1-22 m.

10. Mächtigkeit der OSM bis zu den Rinnenrändern

Man kann annehmen, daß die letzten, teils ausgesüßten Sedimente der Brackwasser-Inggression die vorangegangenen Ablagerungen niveaugleich überdeckt hatten, die Oberflächen von Nr. 7 und Nr. 9 also in gleicher Tiefe unter der ehemals einheitlichen Albsteinoberfläche (Nrn. 2a und 2b) lagen. Die Graupensandrinne wurde durch die Zufuhr der Jüngerer Juranagelfluh-Serie von N und alpiner Sedimente von S aufgefüllt und zwar im tiefen Tonton, nach SCHOBER (unsere Tab. 3: 51) und ZÖBELEIN (1991: Tab. 1) im Oberkarpat-Unterboden. Wie mächtig der OSM-Anteil an der Füllung der Graupensandrinne ist, ist aus der Literatur nicht zu entnehmen. Laut WERNER (1975: 39) war die Rinne zu Beginn der OSM höchstens bis zur Hälfte aufgefüllt. Ihm zufolge (: 59) kam es nach Aussüßung der Kirchberger Schichten fast in der gesamten Graupensandrinne zum Absatz von Süßwasserkalken der OSM. Sie liegen (: 55) „nur wenig oberhalb der unscharfen Übergangsschichten ... an der Basis der O.S.M.“ und (: 59) „weit unter dem Niveau der nördlichen und südlichen Graupensandrinne“. Nimmt man als maximale Tiefe der Eigentlichen Graupensandrinne (2c) 100 m und als Mächtigkeit der Schichten 3-7 maximal 55 m an, so käme man auf 45 m OSM-Anteil, bei 80 m Rinnentiefe auf 25 m OSM-Anteil. Für die Erweiterte Graupensandrinne (2d) ergäbe sich bei 25-50 m Sohlentiefe der Kirchberger Schichten und deren Gesamtmächtigkeit (Nrn. 8 + 9) von 22 m eine OSM-Füllung von 3 bzw. 28 m. ERB & a. (1961: 23) notieren in der Erweiterten Graupensandrinne bis 7 m Mischgeröllhorizont + bis 15 m Samtsande + (: 46/47) 25 m Haldenhofmergel (bei einer Rinnentiefe und -füllung von maximal 47 m bzw., Beil. 5, von 50 m). Wenn man eine Planierung der Rinnenfüllung am Ende der Kirchberger Schichten annimmt und die Maxima der OSM in beiden Rinnenteilen (45 bzw. 28 m) mittelt, kommt man auf rund 35 m OSM-Füllung, also etwa 1/3 der maximalen Rinnentiefe.

F (3_b) Bemerkungen zu Abb. 4

Auf Querprofile durch die Graupensandrinne, ihre Ränder und ihr Liegendes habe ich (1985a: 58) und danach (1985b: Tab. 1, 1. bis 4. Profil) verwiesen. Zur Entstehung der Erweiterten Graupensandrinne siehe Kap. F 8, über sedimentologische Analysen der Füllung der Graupensandrinne und ihrer Ränder Kap. I. Wenn man annimmt, daß die Absenkung der Graupensandrinne unter Meeresniveau nicht kurzfristig, sondern während eines längeren Zeitraum erfolgte, ergeben sich die in Abb. 4 vermerkten Altersbeziehungen der Kirchberger Schichten in beiden Rinnenteilen. Weiteres siehe Kap. H.

Zu Abb. 4 Nrn. 1a, 1b, 2a, 2b siehe ZÖBELEIN (1985a: 57 ff). Zu Nr. 3, MOOS spricht (1925: 204 ff.) allgemein von kalkfreien „Grimmfinger Graupensanden“, bemerkt aber (: 212), daß diese außer den „eigentlichen Graupensanden“ und Kiesen zu einem geringen Bruchteil aus echten Tonen und etwa zur Hälfte aus feinen Quarzglimmersanden bestehen. KIDERLEN beschreibt (1931: 265 ff.) „Grimmfinger Schichten“, die (: 266) W Ulm etwa zu 50 % aus „Graupensanden“, daneben aus „feinen Sanden“ bestehen. Sie umfassen (: 285) im Gebiet von Schaffhausen „feine Tone – feine sandige Tone – tonige Feinsande – feine Sande – grobe Sande – Kiese – grobe Schotter.“ KIDERLEN bemerkt (1931: 321, 285, s. auch: 375-376 Nm. 24 u. 25), daß in den kalkfreien Grimmfinger Schichten Kalkgerölle aus dem schwäbischen Mesozoikum [und somit im Mündungsbereich der Juranagelfluh-Flüsse in die Graupensandrinne wohl auch feinerkörnige Kalkanteile in den Graupensanden] vorkommen. SCHREINER erwähnt (1970: 66) neben den Graupensanden kalkfreie Feinsande. (Siehe die sedimentologischen Analysen in Kap. I: 74). Wie MOOS die Graupensande der Graupensandrinne als „eigentliche Graupensande“ bezeichnet, so HOFMANN sie (1987: 128) als „Graupensande s. str.“. Er bringt (: 127) unter dem Schlagwort „Graupensande von Benken/ Wildensbuch ... OMM (Helvétien)“ folgendes Originalzitat ROLLIER's [1903: 416]: „Ces relations entre le Randengrobkalk et les gros sables (Graupensande) de Benken sont continuées par les affleurements analogues du Kohlfirst (Paradies) de Flaach, d'Ehrendingen, du Kalofen près Brougg etc.“. Die von ROLLIER angenommenen Beziehungen zwischen Randengrobkalk und den Graupensanden der Rinnenfüllung haben mehrere Autoren als stratigraphisch unzutreffend nachgewiesen. Als Synonyma

nennt HOFMANN „Glassande von Benken, GUTZWILLER 1883: 55; Grimmelfinger Schichten, KIDERLEN 1931: 266.“. Die Zufuhr von Graupensanden aus NE-Bayern erfolgte schon in die OMM und reichte bis in deren Deckschichten (HOFMANN 1976: 6 Fig. 4 Nr. 6; 1987: 127-128, mit Lit.; HOFMANN & HÜBSCHER 1977: 65-66). HABICHT führt (1987: 141) als „Grobsande ... OSM und OMM“ eines vorwiegend ost-west gerichteten Stromsystems mit moldanubischem Einzugsgebiet neben OMM-Sedimenten auch solche von Benken, also Grimmelfinger Schichten an. Es empfiehlt sich daher, die Graupensande (Glassande) der Graupensandrinne mit MOOS als Grimmelfinger Graupensande zu bezeichnen (s. 68). Zu Nm. 5/6. Nr. 5 wird im Hinblick auf die Kirchberger Schichten bei Illerkirchberg mit ihrem hohen Anteil an Tonmergeln (vgl. KRANZ 1904: 529 ff.) auch Kirchberger Typusfazies genannt. Nach der Literatur liegen Nr. 5 und Nr. 6 nebeneinander. Nr. 5 könnte aber bei einem langsamen Untertauchen der Graupensandrinne unter Meeresniveau früher als Nr. 6 entstanden sein. Dann wäre sie bei der Auswirkung einer stärkeren Strömung in der Beckenmitte auf ihre heutige Breite von 2-3,5 km verschmälert worden. Zu Nr. 6. SCHREINER nennt sie (1973: 4, 9) „Geröllhorizont“. Zu Nm. 6/7. HOFMANN spricht von „Feinsanden (Samtsanden)“ bei Lohn, Büttenhardt, Benken, Wildensbuch, Schlatt und Riedern, die über den Grimmelfinger Schichten auftreten (1955b: 13; 1959: 68; 1967a: 197, 199; s. unsere S. 67). Diesen entsprechen sie sedimentpetrographisch, nicht aber den ‘Samtsanden’ der Erweiterten Graupensandrinne im Bodenseegebiet. Zu Nm. 6-9. Laut WERNER (1975: 42) ist die „alpine Geröllfazies (mit ‘Samtsand’), ... (erstmalig eingehend untersucht und beschrieben durch HAUS 1951)“, auf die westliche Bodenseegegend beschränkt. Im Blattgebiet beschränkt sie sich auf die Erweiterte und den Südstreifen der Eigentlichen Graupensandrinne. „Die alpine Geröllfazies ... aus den sogenannten Samtsanden und aus Glimmersanden, in die Geröllhorizonte eingeschaltet sind“, führt WERNER (: 44-46) in Aufschlüssen und Bohrungen in beiden Rinnenteilen an (s. Karte). „Oft wird die Basis nicht von Gerölllagen, sondern von Samtsanden gebildet (z.B. Bohrung S 322), so daß die Bezeichnung ‘Basaler Mischgeröllhorizont’ (ERB 1961) nicht allgemein zutrifft. Allerdings ist – vor allem näher dem südlichen Rinnenrand – ein Geröllhorizont an der Basis die Regel.“ WERNER faßt also unsere Nm. 6+7 und 8+9 zusammen und stellt sie einander gleich. HAUS hat jedoch die Nm. 8 und 9 (s. dort) aus der Erweiterten Graupensandrinne beschrieben und HOFMANN jene der Eigentlichen Graupensandrinne davon unterschieden (s. Nm. 6/7 und 7).⁴ Zu Nr. 7. HOFMANN (1955b: 10 Tab. I; 1956a: 95; 1956b: 31) und SCHREINER (1966a: 47, 49, 51; 1983: 17 ff.) sprechen von „Feinsanden“. SCHREINER dort auch von „Samtsanden“ und „Staubsand“. Er erwähnt (1961: 249) 0,9 km nördlich vom Mägdefraugipfel 1 m „Feinstsand ... (Samtsande der Kirchberger Schichten“, die „in ihrer Korngröße und sonstigen Ausbildung den Samtsanden aus der Umgebung des Übelinger Sees (vorherrschende Korngröße 0,01 bis 0,05 mm)“ [also unserer Nr. 9] entsprechen. Zu Nr. 7 gehören auch 4,5 m „Feinsand ... Glimmersand, ... unten mit dünnen Gerölllagen“ im Liegenden, mit Geröllen bis 7 cm. Die hier zutiefst erschlossenen 5 m Gerölle mit Geröllen wie im „Feinsand“ vergleicht SCHREINER mit den Geröllen von Lohn am Randen [= Nr. 6] und von Stahringen [= Nr. 8]. Die 5 m Gerölle gehören zu Nr. 6. HOFMANN hat (1967a: 197, 199) Feinsande in der Eigentlichen Graupensandrinne nördlich von Lohn am Randen als „lokale Schlämmabsätze zu Ende der Zeit der Graupensande“ gedeutet und daraus *Limnopageta* und *Congerina* genannt. ERB's Fund (1931: 17) und PFANNENSTIEL's Bestimmung (1931) einer reicheren brackischen Molluskenfauna haben sie als Kirchberger Schichten erwiesen. Nach HOFMANN (1967a: 197) entsprechen diese Feinsande „sedimentpetrographisch den aus E stammenden Graupensanden, nicht aber den ‘Samtsanden’ der jüngeren Kirchberger Schichten [der Erweiterten Graupensandrinne, Nr. 9] im Bodenseegebiet.“ Zu Nr. 8. HAUS (1951: 53, 56 ff.) nennt die Schicht, weil sie aus einem Gemisch von „polygenen, alpinen Geröllen“ und Albsteinkomponenten besteht, „Misch-Geröllhorizont“, „Mischgeröllhorizont“, „Gerölmischhorizont“, „Geröll-

⁴Die „Krustenbildung auf der Albsteinschwelle“ hatte (opp. WERNER: 46 und ERB & KIDERLEN 1955: 38; s. ZÖBELEIN 1985a: 64) nicht „in der Hauptsache in der Zeit der Grimmelfinger Schichten stattgefunden.“ Der Graupensandfluß hat sich in die Albsteinfläche eingeschnitten (unsere Abb. 4, Nm. 1a, 1b, 2a, 2b), weshalb Albsteingerölle in den Grimmelfinger Schichten zu finden sind (so z.B. HOFMANN 1956b: 31). Außerdem liegt zwischen der Albsteinbildung und der Füllung der Graupensandrinne der oberhelvetisch-untertortonische Hiatus.

horizont“ und „Kirchberger Geröllfazies des Bodenseegebietes“.⁵ Der Geröllhorizont erweist sich durch Führung von *Melanopsis*, *Oncophora* und *Congeria* als brackisch, doch ist laut HAUS „ein mariner Einschlag deutlich (Glaukonitsande, Cardien, Austern, Haifischzähne)“ (s. Kap. K). ERB & a. (1961: 39) verwenden im allgemeinen den Begriff „Mischhorizont“, doch auch „Mischgeröllhorizont“ (: 45, 126 Nr. 26, 130 Nr. 33), den dann SCHREINER (1970: 69; 1976: 17), WERNER (1975: 46) und zuletzt SCHOBER (1989: 90) gebrauchen. Er ist instruktiver als der Begriff „Mischhorizont“ und daher vorzuziehen. Im sehr unterschiedlichen Mischgeröllhorizont ist fast immer ein Bindemittel von samtigen Feinsanden (Samtsanden) dazwischen (ERB & a. 1961: 39). Laut HAUS (1951: 56) liegen stellenweise über dem Mischgeröllhorizont glaukonitische Sande oder Sandsteine, die nach ERB & a. (1961: 41, 120 Nr. 12, 126 Nr. 26) auch unter oder im Mischgeröllhorizont vorkommen und ineinander übergehen können (: 126 Nr. 25). KIDERLEN nennt (1931: 333) aus „Geröllschichten des Typus Bonndorf“, etwa von Weiherholz und Kaienhohlweg (1,6 km W bzw. 0,8 km E Bonndorf), brackische Mollusken und verweist auf Funde von KNUPFER (1912) und SCHMIDLE (1918: 67). Die den Kirchberger Schichten „äquivalente Geröllstufe entspricht ungefähr den 'Feinsanden' von SCHMIDLE (1918a, S. 67, 68).“ Laut ERB (1934: 21-22) kommen brackische Mollusken nur in seinem „Gerölllager“, laut ERB & a. (1961: 41, 119-130 Profile Nm. 10-33) nur im entsprechenden „Mischhorizont“ vor. ERB & a. (1961: 39-40) haben die von „1951 (HAUS) eingeführte Bezeichnung“ Samtsande „anstelle des alten, seinerzeit von SCHMIDLE geprägten Namens Feinsande“ übernommen. Zu Nr. 9. HAUS beschreibt (1951: 57) „die im Bodenseegebiet mit dem Namen Feinsande belegten, ... tonigen Schluffsande, die beim Zerreiben sich samtartig anfühlen.“ ERB & KIDERLEN sprechen (1955: 37) von „Feinsanden (Samtsanden nach HAUS)“, die nachfolgenden Autoren (auch HAUS 1961) von „Samtsanden“. Nach ERB (1934: 23) sind seine „Feinsande“ fossillös, wie auch HAGN (1961: 307, 295 Abb. 28 Nr. 3308) in einer Probe aus den Samtsanden keine tertiären Foraminiferen fand. Doch führen sie nach SCHREINER (1970: 69) selten *Melanopsis impressa* und nach WERNER (1975: 47) in Bohrungsspülproben reichlich Schalenrümmer von Mollusken, wahrscheinl. von *Cardium*, *Congeria* und *Melanopsis*, [wobei zu fragen ist, ob diese nicht aus Nr. 8 stammen können]. Die Samtsande sind dem „Mischhorizont eng verbunden“ (ERB & a. 1961: 41). Sie bemerken (: 45): „Nach sedimentpetrographischen Untersuchungen von HOFMANN (1956, S. 31) soll das Samtsandmaterial aus der Gegend der Oncophorasee, also aus dem Osten stammen und – übereinstimmend mit FÜCHTBAUER – auch eine alpine (epidotreiche) Komponente enthalten und bereits zu den Gimmersanden der O.S.M. überleiten.“ [Diese gehen auf eine Ost-West-Schüttung mit vorwiegend ostalpinem Einzugsgebiet zurück, HOFMANN 1969; 1987: 115-116 u. Lit.].

Diskussion zu den Nm. 7 und 9

„Feinsande“ (auch „Feinstsande“, „Staubsande“ und „Samtsande“) erwähnen Autoren aus der Eigentlichen (Nr. 7) wie aus der Erweiterten Graupensandrinne (Nr. 9). Da jedoch laut HOFMANN (s. zu Nm. 6/7) sedimentpetrographisch die Nr. 7 den Grimmelfinger Schichten, die Nr. 9 (s. dort) den Kirchberger Schichten entspricht, außerdem die Fossilhäufigkeit in den Nm. 7 und 9 anscheinend differiert, wäre eine auch nomenklatorische Unterscheidung nützlich. Man könnte, ungeachtet einer etwa übereinstimmenden Körnung, Nr. 7 als Feinsand(e), Nr. 9 als Samtsand(e) bezeichnen. – FÜCHTBAUER stellt (1959: 606 Abb. 1) die Korngrößenbenennung nach DIN 4022 (1955) jenen nach v. ENGELHARDT (in LEMCKE & a. 1953: 9 Abb. 2) gegenüber und bevorzugt die letzteren. Die Korngrößeneinteilung in mm Durchmesser ist in beiden gleich. Doch wird aus dem DIN-Fein- und Mittel-Schluff (0,002-0,02) bei v. ENGELHARDT der „Grobton (Schluff)“, indes er den DIN-

⁵Zu den Begriffen „polygene Gerölle“ und „polygene Nagelfluh“ (HAUS 1951: 64) erklärt BAUMBERGER (1934: 58): „Von alters her unterscheidet man Kalknagelfluh und bunte (polygene) Nagelfluh, je nach dem Mengenverhältnis sedimentärer und kristalliner Felsarten.“ – Nr. 8 auch als „Kirchberger Geröllfazies des Bodenseegebietes“ zu bezeichnen, erscheint nicht zweckmäßig, weil eine Verwechslung mit Nr. 6 der Eigentlichen Graupensandrinne möglich ist.

Grobschluff als „Staubsand“ (0,02-0,063) bezeichnet und ihn mit dem „Fein-Mittelsand“ (0,063-0,2) als „Feinsand“ (0,02-0,2) zusammenfaßt. Weitere Unterteilungen sind aus der oben genannten Literatur und aus NÄGELE zu ersehen.⁶

Diskussion zu den Nrn. 8 und 9

SCHMIDLE's „Feinsande“ (1918: 67-69), auf die die Autoren [zu Nr. 8] sich beziehen, sind unsere Nrn. 8 + 9. Das erhellt aus ihrer Gesamtmächtigkeit (5-20 m), ihrer Lage zwischen den Bodmansanden und der OSM und SCHMIDLE's Unterteilung seiner Feinsande [im weiteren Sinne] in Geröllzonen (5 cm bis 5 m) und überlagernde Feinsande [im engeren Sinne] von 3 [1] bis 20 m.

Zu Nr. 10. SCHREINER hat (1959: 64) erklärt: „Das Sediment der OSM im Hegau ist die Juranagelfluh“, dann (1976: 19) präzisiert: „Der Name Juranagelfluh täuscht eine überwiegende Geröllführung vor ... Die Hauptmasse der Juranagelfluh besteht aus ... Juranagelfluhmergel“; SCHREINER 1965 (: 327 wie 1983: 22): Die Haldenhofmergel auf ERB's Blatt Hilzingen (1931) („Hegaumergel“ HOFMANN's, 1956: 27) sind Juranagelfluhmergel. 1965 (: 318 Abb. 30, 333, 335, 349): Die Jüngere Juranagelfluh setzt sofort über den Kirchberger Schichten, stellenweise schon an deren Basis ein und kann die ganze Rinne ausfüllen; 1966a (: 50, 52, 53): Über Kirchberger Schichten folgen 5 m „Übergangsschichten“ der OSM; 1973 (: 12 und Kartenrand): Auf Blatt 8219 Singen liegen am Mühlberg über Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne 25 m Haldenhofmergel und darüber Grimmsand; 1976 (: 16): Die BM [einschließlich der Grimmelfinger Graupensande] nimmt nur die unteren 10 bis 20 m der bis 70 m tiefen Rinne ein; 1979 (:39): In der Eigentlichen Graupensandrinne liegt über bis 3 m Graupensand und (37, 39) 25 m Kirchberger Schichten als Rest der Rinnefüllung OSM in (: 40) limnischer Randfazies, die sich mit Jüngerer Juranagelfluh verzahnt; 1983 (: 21) unterteilt SCHREINER die OSM auf Blatt 8218 Gottmadingen in „OSM-Beckenfazies (eigentliche OSM)“, „Jüngere Juranagelfluh (NW-Randfazies, J 2)“ und „Deckentuff“, (: 24): Die tieferen Teile der Jüngerer Juranagelfluh liegen auf Tonfazies der Kirchberger Schichten [unsere Nr. 5] oder Jurakalk und sind als Füllung der Graupensandrinne zu betrachten; 1983 (: 24) erwähnt SCHREINER Süßwasserkalke in Mergeln der Jüngerer Juranagelfluh der „OSM“ bei Sennhof (1,5 km SW Weiterdingen). Sie haben laut ERB (1931: 29) Hydrobien geliefert (det. SEEMANN). Diese belegen einen noch brackischen Einschlag, womit die Süßwasserkalke sich als höchster Teil der Kirchberger Schichten erweisen. Demzufolge gehören auch die unterlagernden „Übergangsschichten“ zur BM. Ein Vergleich mit den teils noch schwach brackischen Bithynien-Schichten des Typusprofils bei Illerkirchberg, die auch Kalkbänke führen (KRANZ 1904: 529-530), liegt nahe. Auch WERNER vermerkt (1975: 55, 58; s. Nr. 7) 3,5 m „Übergangsschichten“ der vermeintlichen „O.S.M.“ Der von den Autoren angenommene Übergang der Kirchberger Schichten in die OSM der Rinnefüllung liegt etwas höher. Das beweisen nicht nur die Hydrobien in einer Kalkbank, sondern auch helvetische Landschnecken in Juranagelfluh-Mergel (s. ZÖBELEIN 1985b: 215 Nr. 19; vgl. 218 Nr. 31). Diese Abgrenzung dürfte auch für die HAUS'sche Aussage (1951: 57) gelten, daß die Samtsande nach oben in schneckenführende, meist mit knollig-flaserigen Süßwasserkalkbänkchen durchsetzte Mergel und Kalkmergel übergehen, welche die „OSM“ einleiten. Gehen doch die Feinsande (unsere Abb. 4 Nr. 7) wie die Samtsande (Nr. 9) in OSM über, in welcher letzteren WERNER ebenfalls „Übergangsschichten“ ausgeschieden hat (unsere S. 14).

F (3c) Vergleichsdaten zu Abb. 4 aus der Graupensandrinne NE Meßkirch

Westlich Saulgau (Abb. 3: 11 und 6: 23) ist die Erweiterte Graupensandrinne des SW mit den Schichten 8 und 9 der Abb. 4 nicht mehr vertreten. Bezogen auf diese Abb. werden folgende Daten aus der Eigentlichen Graupensandrinne genannt:

⁶ NÄGELE gibt (1962: 52 Tab. 2) Korngrößenbezeichnungen „nach W. v. ENGELHARDT, 1948“ wieder, führt aber die Quelle im Literaturverzeichnis nicht an. Die Tabelle stimmt mit jener FÜCHTBAUER's (1959: 606) nach v. ENGELHARDT in LEMCKE & a. (1953) überein.

Zu Nr. 2a. MOOS (1925: 208, Taf. II Profil VIII) und Molassekarte 15 km bei Grimmelfingen und von Laupheim bis Einsingen, 10,5 km bei Dillingen. KIDERLEN (1931: 282) 8 bzw. 13 km Unterschwandorf-Zoznegg bzw. Emeringen-Uttenweiler. GROSCHOFF (1972: 23) 8-12 km im Ulmer Gebiet. VOLZ (1953: 209-211, dazu NW-Rand aus Molassekarte) 11,4 km bei Herbertingen. DOPPLER (1984: 30) 10 km bei Günzburg. LEMCKE (1988: 41) 10 km von Donauwörth bis Schaffhausen.

Zu Nr. 2c. MOOS (1925: 221 u. Profile I, II, V, VI) etwa 100 m. KIDERLEN (1931: 274) 100m am Hochsträß. GALL & a. (1977: 76) ca. 100 m im Raum Donauwörth (zit. in ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER 1986: 155).

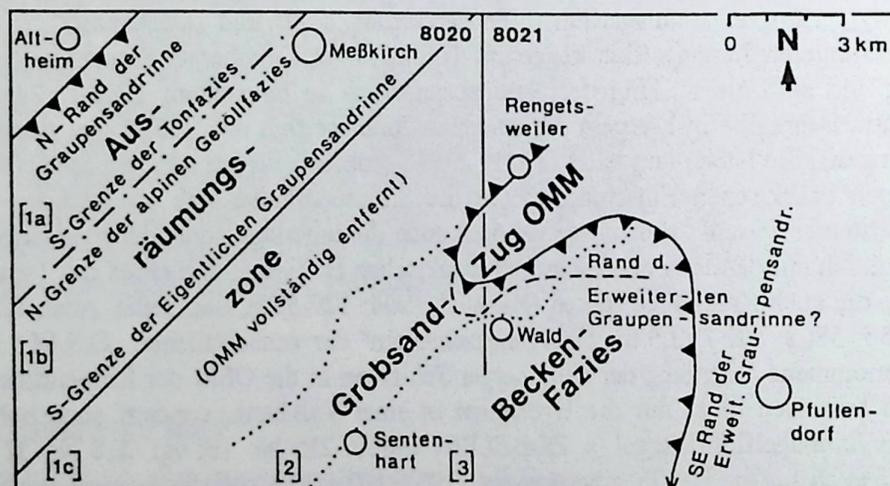
Zu Nr. 3. MOOS (1925: 211) 24 m am NE-Hochsträß. KIDERLEN (1931: 268) 17-18 m bei Zwiefaltendorf; (1938: 85) bis 20 m in Oberschwaben. GROSCHOFF (1972: 23) 25 m im Ulmer Gebiet. DOPPLER (1984: 30) 15 m bei Günzburg; (1989: 106) 10-30 m bei Günzburg.

Zu Nm. 5-7. KRANZ (1904: 529-530) über 14,4 bis rund 20 m bei Illerkirchberg. KIDERLEN (1938: 85) bis 15 m in Oberschwaben. HAAG (1960: 79, 116) 20 m auf Bl. 7722 Zwiefalten. PRINZ (1974: 33-34, 44) 20-21 m auf Bl. 7723 Munderkingen. DOPPLER (1984: 30) 15 m bei Günzburg.

F (4) Die Gesamte Graupensandrinne im Gebiet Meßkirch –Pfullendorf

Die Geologie des dortigen Gebietes hat erstmals HAUS modern dargestellt (1951: 49 Abb. 8, 53 ff., 56 ff.; s. unsere Abb. 3).

Abb. 5. Gesamte Graupensandrinne bei Maßkirch (GK 25 Nr. 8020) und Pfullendorf (TK 25 Nr. 8021). (Ausschnitt zusammengestellt aus WERNER 1966: 109 Abb. 2 und weiteren Angaben; s. unten). Eigene Zusätze: [1a-1c, 2, 3].



Grenzen nach WERNER:

- ▼ Gesamte Graupensandrinne: N-Rand in allen Abb., zackige Linie in 1975: 2 Abb. 1; SE-Rand, zackig, in 1975: 2 Abb. 1
- - - Grenzen in den Kirchberger Schichten: 1966: 114 Abb. 6; 1975: Beil. 4
- 1966: 113 Abb. 5, 114 Abb. 6; 1975: GK, Beil. 4
- Geschlossen auftretende Grosandfazies: 1966: 109 Abb. 2, 113 Abb. 5; 1975: GK, Erl. 26 Abb. 3
- 1966: 113 Abb. 5; 1975: 26 Abb. 3 (s. HAUS 1951: 49 Abb. 8)

(a) WERNER's detaillierte Befunde (1966; 1975) (Abb. 5)

(b) WERNER's Einheiten nach Abb. 5 (s. auch oben, „Grenzen nach WERNER“)

- [1a] = Tonfazies der Kirchberger Schichten auf Grimmelfinger Schichten (1975: 24 Abb. 2, 42 ff.)

- [1b] = alpine Geröllfazies der Kirchberger Schichten auf Grimmelfinger Schichten (1975: 24 Abb. 2, 42, 44 ff.)
- [1c] = alpine Geröllfazies der Kirchberger Schichten auf USM (1975: 24 Abb. 2, 44 ff.)
- [1a-1c] = Ausräumungszone, OMM wurde entfernt; „(Kirchberger Schichten oder Graupensande unmittelbar der USM oder dem Malm auflagernd)“ (1966: 109 Abb. 2, 107).
- [2] = Fossilreicher Grobsand-Zug der OMM. Ich nenne ihn mit HOFMANN (1976: 5) „Friedinger Grobsandzug“ (vgl. Kap. F 6). Diskordant ist ihm alpine Geröllfazies der Kirchberger Schichten auf-, seltener angelagert (WERNER 1966: 112, 113, 118, Profile in Abb. 3). Von einer Überlagerung durch Kirchberger Schichten im Gebiet Stockach-Meißkirch berichtet auch SCHREINER (1973: 7).
- [3] = Becken-Fazies, OMM. Diskordant ist ihr alpine Geröllfazies der Kirchberger Schichten aufgelagert; stellenweise überlagert die Geröllfazies USM (WERNER 1966: 109 Abb. 2, Abb. 3 Profil Nr. 4; 1975: 24 Abb. 2, 26 Abb. 3).

Diskussion zu F 4 (a)

Entgegen WERNER's Festlegung der „Südgrenze der Eigentlichen Graupensandrinne“ (1975: 38; unsere Abb. 5) betonen MOOS (1925: 221, 246, Taf. II) und KIDERLEN (1931: 325), daß in deren Graupensandrinne und HAUS (1951: 54), daß in der Eigentlichen Graupensandrinne die OMM völlig ausgeräumt wurde. Demnach gehört die Zone [1c] noch zur Eigentlichen Graupensandrinne. Sie umfaßt also [1a-1c], während [2-3] in der Erweiterten Graupensandrinne liegen. Übrigens betrachtet HAUS (1951: 56) helle Sande, die beim Haus Nörpel im Dorf Rast (6 km S Meßkirch; s. GK), also in [1c] liegen, als die südlichsten Vorkommen von Grimmelfinger Schichten.

Die obige Zuordnung der Zonen paßt auch zu den sonstigen Breiten der beiden Rinnenteile (s. Kap. F 2 u. 3 Abb. 4). Die Breiten der Zonen betragen nach Abb. 5:

[1a]	durch Altheim	2,5 km	Eigentliche Graupensandrinne 8 km
[1b]	durch Altheim	2,5 km	(gleiches Maß aus WERNER's GK
[1c]	durch Wald	3,0 km	1975)
[2]	durch Wald	1,8 km	Erweiterte Graupensandrinne 7,1 km
[3]	durch Wald gegen Pfullendorf	5,8 km	(8 km aus GK)

Nach HAUS (1951: 57) steht einer Gesamtbreite der Graupensandrinne von nahezu 25 km am Überlinger See „in der Gegend östlich Meßkirch eine solche von lediglich 10 km gegenüber, wobei gegen Nordosten eine weitere Verengung eintritt.“ Mit einer Breite von 8 km (s. oben) liegt die Eigentliche Graupensandrinne in der Norm von 8-10 km, die Erweiterte Graupensandrinne mit 7,1 bzw. 8 km im mittleren Bereich der Breite von 5-15 km. Die Kirchberger Schichten sind wie allgemein in der Eigentlichen Graupensandrinne ([1a-1c]) mächtiger als in der Erweiterten Graupensandrinne ([2 + 3]).

(b) Die Grenze zwischen Eigentlicher und Erweiterter Graupensandrinne liegt nach Obigem also zwischen [1c] und [2], nämlich am NW-Rand von [2]. Entgegen WERNER's Abgrenzung hat auch HAUS (1951: 54, 56; s. unsere Abb. 3) den „Grobsandzug Friedinger Schloßberg-Rengetsweiler“ „als den südöstlichen früheren Ufersaum der eigentlichen Graupensandrinne“ erklärt. Gleicher Auffassung waren RUTTE (1952: 297) und ERB & a. (1961: Beil. 2).

(c) Die „Beckenfazies“ der OMM in der Erweiterten Graupensandrinne

In WERNER's „Becken-Fazies“ der Erweiterten Graupensandrinne (unsere Abb. 5 Zone [3]) liegen „Kirchberger Sch. (Alp. Geröllfazies)“ auf „Sandschiefer (mit Grobsandfazies)“ der OMM (1975:

24 Abb. 2). HAUS hatte bereits (1951: 55) auf die teilweise Ausräumung der Omm in seiner Zone II (s. unsere Abb. 3) verwiesen. Die vollständige OMM-Folge, die er (1951: 50 Abb. 9) mit dem Albstein abschließen läßt, liegt in seiner Zone I vor. Südöstlich der Erweiterten Graupensandrinne verzeichnet auch WERNER (1975: 24 Abb. 2) die vollständige OMM, die auf Blatt Meßkirch aus dem „1. Zyklus“, Sandschiefer (mit Grobsandfazies) und einem „2. Zyklus“, Bodmansande und Deckschichten besteht. Darüber folgend „Albstein (Brackwassermolasse)“ und dann die OSM. SCHREINER unterscheidet ebenfalls zwischen „OMM-Beckenfazies (vollständige Schichtfolge)“ im SE der Graupensandrinne und der „Zone der Erweiterten Graupensandrinne (OMM teilweise ausgeräumt)“ (1966b: 93 Abb. 1; 1970: 49 Abb. 10, 51 ff.; 1976: 14 Abb. 5, 15). – Bei der unvollständigen Beckenfazies der OMM in der Erweiterten Graupensandrinne wurden also die Schichten vom Albstein bis zum Grobsand und ausweislich seines Reliefs auch noch Teile von diesem abgetragen.

(d) Verlauf des Südostrandes der Erweiterten Graupensandrinne bei Rengetsweiler

HAUS und WERNER (unsere Abb. 3 und 4) zeichnen diesen Rand hier mit „?“ bogig nach W ausbiegend ein. Er durchschneidet den nordöstlichsten Teil des Grobsandzuges etwa 3 km SW Rengetsweiler. Nach HAUS (1951: 58) war der Grobsandzug möglicherweise ein Wall bzw. eine trennende Barre, welche die „buchteinwärts vorrückende Schotterflut der Kirchberger Schichten nicht übersteigen“, sondern nur an erniedrigten Durchlässen passieren konnte. Auch WERNER begründet (1967: 112 ff., 118-119; 1975: 38) die Ausbuchtung mit der dort höheren Lage des Grobsandzuges, den die Kirchberger Schichten nicht mehr überlagern konnten, wodurch eine Halbinsel oder Insel aus Grobsand entstanden.

Diskussion zu F 4 (d)

Im Falle einer Inselbildung müssen die Kirchberger Geröllschichten auch im E und NE dieser Insel bestanden haben. Außerdem ist der SE-Rand der Erweiterten Graupensandrinne zugleich der NW-Rand der Albsteinschwelle, die mit einer „Albstein-Stufe“ (von örtlich 25 m Höhe; HAUS 1951: 53) das Areal der Erweiterten Graupensandrinne begrenzt. Es ist unwahrscheinlich, daß der Rand der Albsteinschwelle bei der Entstehung der Erweiterten Graupensandrinne (sei es durch Erosion und/oder Tektonik) von seiner generellen NE-Richtung in Form eines scharfen lokalen Bogens um Rengetsweiler abgewichen wäre und dabei außerdem noch den Grobsandzug durchschnitten hätte. Ich nehme an, daß der SE-Rand der Erweiterten Graupensandrinne (und damit die Albsteingrenze) un- oder kaum verbogen in Richtung Einhart weiterzieht, wie ihn als Alternative HAUS (in unserer Abb. 3 gestrichelt) und WERNER (in unserer Abb. 4 punktiert) zeichnen (s. dazu Kap. F 5, Abb. 6).

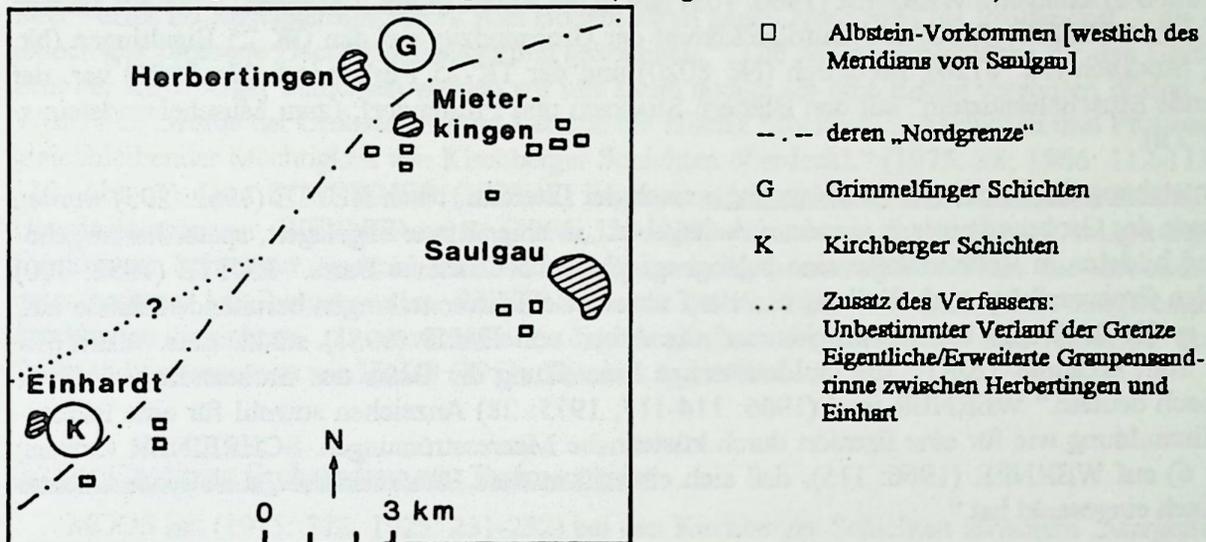
F (5) Verzweigung von Eigentiicher und Erweiterter Graupensandrinne westlich von Saulgau (Abb. 6)

HAUS bemerkt (1951: 58): „Auch das anscheinend blindsackförmige nördliche Ende des erweiterten Rinnenteiles in der Gegend von Pfullendorf scheint darauf hinzuweisen, daß der nach Nordosten wandernde Geröllstrom der Kirchberger Schichten schließlich über Sentenhart–Meßkirch seinen Austritt in die eigentliche Graupensandrinne fand.“ Das genauere Nordost-Ende der Erweiterten Graupensandrinne westlich Saulgau dürfte aus folgendem hervorgehen.

Die Abb. 6 zeigt den NW-Rand der südöstlichen Albsteinfläche (= Albsteinschwelle; s. ZÖBELEIN 1985a: 58-59). Die Grimmelfinger Schichten E Herbertingen (8 km E Mengen) liegen auf USM, die Kirchberger Schichten SE Einhart auf dem unteren Teil der Deckschichten der OMM (Volz 1953: 210-211 u. briefl. Mitt.; zu den Deckschichten s. ZÖBELEIN 1985b: 213 Nr. 11, 220 Nr. 40). Grimmelfinger Schichten kommen nur in der Eigentlichen Graupensandrinne vor, und Kirchberger Schichten liegen nur in der Erweiterten Graupensandrinne auf OMM-Resten. Außerdem bildet die VOLZ'

sche NW-Grenze des Albsteins die SE-Grenze der Gesamten Graupensandrinne. Auch liegt nach KIDERLEN (1931: 249, 248) Mieterkingen „südlich der Graupensandrinne“.

Abb. 6. „Verbreitung des Albsteins“ im Saulgauer Gebiet. (Auszug aus VOLZ 1953: 209 Abb. 7)



VOLZ (1953: 210-211) sah die „Kirchberger Schichten“ nur mehr als Anahub von Kanalisationsarbeiten: „Unter gelblichen, mergeligen Staubsandsteinen liegen fleischrote und gelbbraune Tonmergel, die von einem harten, grauen Kalksandstein mit wenig gerundeten Mergelgerölln und Quarzkörnern bis 5 mm Durchmesser begleitet sind. Die hangenden Staubsande führen albsteinähnliche Süßwasserkalkknollen bis Faustgröße. Das erweckt den Eindruck, daß wir uns unmittelbar am Rande der erweiterten Graupensandrinne befinden ...“. Von Fossilien wird nichts gesagt.

Aus Obigem ergibt sich, daß Herbertingen in der Eigentlichen Graupensandrinne, Einhardt in der Erweiterten Graupensandrinne liegt (s. unsere Abb. 3: 11). Zwischen beiden Orten zweigen also die beiden Teile der Gesamten Graupensandrinne voneinander ab. Für die dortige Verzweigung spricht auch, daß Einhardt 3 km südöstlich, Herbertingen 10 km nordöstlich des NE-Endes des Grobsandzuges bei Rosna (: 24) liegen. Daß Kirchberger Schichten über Grimmelfinger Schichten bei Herbertingen nicht mehr vorhanden sind, mag auf ihrer Abtragung infolge „antithetischer Störungen“ (VOLZ 1957: 54-55, Beil.-Taf.; 1959: 214 anstatt (1953: 13) einer „Antiklinale“) beruhen. Doch auch anderwärts sind Kirchberger Schichten bei Herausbildung der Schichtlücke über den Grimmelfinger Schichten abgetragen worden. Beispiele für ihre starke Verminderung (teils bis auf 0 m) liefert Abb. 4 Nm. 6 u. 7 (: 12) nebst Begleittext.

F (6) Der Friedinger Grobsandzug der OMM

(a) Allgemeines

Der Grobsandzug ist um die 2 km breit (WERNER 1966: 107; SCHREINER 1970: 50) und tritt mit härteren Teilen morphologisch hervor (RUTTE 1952: 301; WERNER 1966: 105, Abb. 3). Laut HAUS (1951: 55-56) könnte der Friedinger Grobsandzug eventuell „mit den Bodmansanden oder dem Baltringer Muschelsandstein zu parallelisieren“ sein. Nach SCHREINER (1966b: 99 Abb. 4) gehört er zu den „Sandschiefern i.w.S.“ = „s.l.“ bei ZÖBELEIN (1985b: 218 Nr. 34), bei WERNER (1975: 23-24) zum „Sandschiefer-Horizont“. Im Grobsandzug verzahnt sich die Grobsandfazies mit den Sandschiefern (WERNER 1975: 25).

Wie in Kap. F 4 (a) und (b) dargelegt wurde, liegt der Friedinger Grobsandzug unter Kirchberger Geröllfazies der Erweiterten Graupensandrinne. Da seine Rolle als Faziesscheide unterschiedlich beurteilt wird (s. F 6 b) und neuere Autoren ihn bei der Entstehung der Erweiterten Graupensandrinne in Betracht ziehen (Kap. F 8 a), soll er eingehender behandelt werden.

Verlauf des Grobsandzuges: Laut HAUS (1951: 54) verlaufen die fossilreichen „Grobsandsteine bis Muschelsandsteine“ vom Friedinger Schloßberg (ca. 4 km NE Singen) über Kimberg, Nellenburg, Stockach, Mindersdorf, Rast, Rengetsweiler bis nach Hausen am Andelsbach (6 km N Pfullendorf). SCHREINER (1973: 6) verlegt den Beginn des Grobsandzuges an den Buchberg (ca. 3 km NE Singen, 1 km S Friedingen). WERNER (1966: 105) läßt in bei Rosna (5 km S Mengen, 5 km NE Hausen a. A.) enden. RUTTE (1952: 296) zufolge kommt der Grobsandzug auf den GK 25 Eigeltingen (Nr. 8119), Stockach (Nr. 8120), Meßkirch (Nr. 8020) und der TK 25 Pfullendorf (Nr. 8021) vor, der „Liegende Muschelsandstein“ auf den Blättern Stockach und Pfullendorf; (zum Muschelsandstein s. Kap. F 7 a).

Entstehung des Friedinger Grobsandzuges nach der Literatur. Nach RUTTE (1952: 295) wurden die Sande des Grobsandzuges in seinem Arbeitsgebiet „in einer Rinne abgelagert, später herausgehoben und bildeten in Reliefumkehr eine paläogeographisch bedeutsame Barre.“ RUTTE (1952: 300) faßte den Grobsandkörper als Füllung einer auf älteren Schichtverstellungen beruhenden Rinne auf, wobei er (S. 299) sich im wesentlichen auf die Arbeit von HAUS (1951) stützt. Laut WERNER (1966: 106) erkannte TEIKE „die muldenförmige Einsenkung der Basis des Grobsandzuges, die er tektonisch deutete.“ WERNER fand (1966: 114-117; 1975: 28) Anzeichen sowohl für eine tektonische Einmündung wie für eine Erosion durch küstennahe Meeresströmungen. SCHREINER verweist (1973: 6) auf WERNER (1966: 115), daß sich eine 50 m tiefe Erosionsrinne „auch synsedimentär tektonisch eingesenkt hat.“

Eingehendere petrographische Beschreibungen des Grobsandzuges finden sich bei RUTTE (1952: 302 ff.) und WERNER (1966: 106-107; 1975: 23 ff.). Der Grobsandzug besteht nach WERNER (1966: 112; 1975: 25, 27) und SCHREINER (1966b: 94, 96) vorwiegend aus grob-, teilweise auch aus mittelkörnigen Quarzsanden und Feinkiesgeröllen. Er führt nur Gerölle östlicher [1976: 15 nord-östlicher] Herkunft (schwarze Kieselschiefer, Quarzite) sowie Hornsteine und angebohrte Massenkalkgrölle des Weißen Jura, nicht aber alpine Gerölle. (Zum vereinzelt auftretenden kleiner alpinen Gerölle im Grobsand vgl. SCHREINER 1966b: 96). SCHREINER führt (1966b: 94) unter Bezug auf HOFMANN (in BÜCHI & HOFMANN 1960: 18) aus, „daß sowohl die Grobsande des Randengrobkalkes (Wiechs) als auch des Grobsandzuges und der Bodmansande (Überlingen) ähnliche Mineralbestandteile haben: Grobquarz, rote Quarze, 40-70 % Granat, 10-40 % Epidot, Staurolith, Apatit, Zirkon, Rutil und einzelne große Andalusite“ (s. unser Kap. I Nr. 39, 40, 45). Grobe alpine Gerölle, die im Grobsandzug fehlen, sind aber in den Bodmansanden der von SW kommenden Napfschüttung häufig. Auch laut HOFMANN (1967a: 190) sind die Grobsande des Friedinger Grobsandzuges „kaum von Quarzitgeröllnagelfluhen [der Napf-Schüttung; HOFMANN 1987: 20 ff., 329] begleitet, was aber beim Baltringerhorizont sehr ausgeprägt der Fall ist“ (s. Kap. I Nr. 37, 41, 44).⁷

Als Herkunftsgebiete dieser Sedimente wie auch der Graupensande (KIDERLEN 1931: 300) kommen laut SCHREINER (1966b: 94) „die an grobem Quarzsand reichen Trias-, Kreide- und Tertiär-Bildungen Mittelfrankens und der Oberpfalz“ in Betracht, „während die Hauptmasse der fein- bis mittelkörnigen glaukonitreichen Sandmassen des Beckeninneren aus den Alpen, besonders durch den Napfschüttfächer herbeigeführt und in der Beckenachse nach Osten transportiert wurde (HOFMANN 1957, 319 [Fig. 2]).“ Es kam „zu einer breiten Vermischungszone zwischen ‘östlichem’ Grobsand und alpinem Sand.“ „Die erwähnten Transportrichtungen – Grobsand nach Südwesten, alpiner Sand nach Nordosten – ergeben sich aus den Herkunftsgebieten und beruhen offensichtlich auf dem Überwiegen

⁷ Napf-Schüttung und Hörnli-Schüttung sind nach Örtlichkeiten ihrer Hauptverbreitung in der schweizerischen mittelländischen Molasse benannt (s. BAUMBERGER 1934: Taf. V; HABICHT 1987: 283, 171). Der Napf-Schüttfächer stammt von der Ur-Aare, der Hörnli-Schüttfächer vom Ur-Rhein, wie FÜCHTBAUER (1967: 290) aus STAUB (1934: 63) zitiert. Als Stammgebiet nennen SPECK (1953: 21) und W. H. MÜLLER & a. (1984: 124) die Gegend zwischen Bern und Luzern, HOFMANN (1987: 225) jene zwischen Thuner- und Vierwaldstättersee. Beide Schüttungen reichen nach FÜCHTBAUER (1954: 32-33 Abb. 2b-2g, 34 ff.) und HOFMANN (1987: 285 ff., 170 ff.) von der USM (Chatt bzw. Aquitan) bis in die OSM (Torton bzw. Sarmat). Schüttungen von Ur-Aare und Ur-Rhein sind im Gebiet der Ur-Donau Südwestdeutschlands noch im Obermiozän/Pliozän belegt (Lit. in ZÖBELEIN 1991: Kap. K 1 v, Tab. 1).

einer Bewegungskomponente. Dieser großräumige und lange Zeiten andauernde Massentransport wird von der kleinräumigen und kurzfristigen Sedimentbewegung, wie sie in der Schrägschichtung der Molassesande abgebildet wurde, überlagert.“

Bedeckung des Grobsandzuges: Nach HAUS (1951: 59-60) sind „die Kirchberger Schichten in ihrer Fazies als Mischgeröllhorizont vom Bodanrücken gegen Nordosten bis Pfullendorf ... als dünne, jedoch geschlossene Decke zur Ablagerung gekommen.“ „Die Auflagerungsfläche für den Geröllhorizont der Kirchberger Schichten werden wir uns kaum anders als eine Ebene vorstellen dürfen.“ Nach WERNER „wurde der Grobsandzug im Bereich der Blätter Stockach ..., Meßkirch und Pfullendorf in gleichbleibender Mächtigkeit von Kirchberger Schichten überdeckt.“ (1975: 38; 1966: 112-113, 118, 119, Abb. 3). Laut SCHREINER (1973: 7) liegen im Gebiet Meßkirch-Stockach mehrfach solche Überdeckungen vor. WERNER nennt (1966: 118, 119) Ausnahmen in Form von Anlagerungen der Kirchberger Schichten an wohl insel- oder halbinselartig herausragende Teile des Grobsandzuges unter anderem bei Rengetsweiler. RUTTE berichtet (1952: 302) von spärlichen Anlagerungen von Kirchberger Schichten. „Zu erwartende Auflagerungen von Deckschichten und Albstein“ auf dem Grobsandzug konnte er wie HAUS (1951: 53) nicht feststellen.

(b) Der Friedinger Grobsandzug als „Faziesscheide“

MOOS hat (1915: 272; 1925: 231-232) bei den Kirchberger Schichten zwischen „Mergeltonen“, kalk- und tonreichen Sanden, Sandsteinen und Geröllschichten unterschieden. KIDERLEN trennt (1931: 308) eine feinsandig-tonig-mergelige Fazies (: 317 ff.) von einer sandigen und konglomeratischen bzw. grobklastischen Fazies (: 323-325, 334). Die Erweiterte Graupensandrinne hat er dabei nicht ausgeschieden. Ältere Literatur nennt HAUS (1951: 57). Er unterscheidet (1951: 56-58) zwischen der tonig-mergelig-sandigen Normalfazies (wie etwa im Typusprofil bei Illerkirchberg) und der grobklastischen Fazies. Die Normalfazies ist „zwischen Randen und Sigmaringen fast immer verknüpft mit basalen Grimmelfinger Schichten.“ Die „Kirchberger Geröllfazies“ (s. unsere S. 15 zu Nr. 8) bezieht HAUS auf die Erweiterte Graupensandrinne. „Die im Bodenseegebiet und im Hegau offenbar vollständige Trennung dieser beiden Faziesgebiete könnte vielleicht auf den Grobsandzug ... zurückzuführen sein. Möglicherweise bildete diese widerstandsfähige Gesteinsfazies eine trennende Barre“ (: 58). RUTTE betrachtet das (1952: 301) als Gegebenheit. Laut WERNER (1966; 1975) liegt die „Nordgrenze der alpinen Geröllfazies“ innerhalb seiner „Eigentlichen Graupensandrinne“ (s. Kap. F 4 a Abb. 5: 20, zwischen [1a] und [1b] und Disk.). Er folgert (1966: 117-118) aus der Überlagerung von Grimmelfinger Schichten durch „alpine Geröllfazies“ (in [1b]), daß eine direkte ursächliche Einwirkung des Grobsand-Zuges auf die Lage der Südgrenze seiner „Eigentlichen Graupensandrinne“ nicht nachzuweisen ist. Er meint (1975: 36-37): „Die Südbegrenzung der Eigentlichen Graupensandrinne wird nicht vom Grobsandzug der O.M.M. gebildet, wie HAUS (1951) angenommen hatte. Sie verläuft nördlich von ihm und ist somit nicht durch ihn bedingt.“ „Erweiterte und Eigentliche Graupensandrinne stellen zur Zeit der Kirchberger Schichten einen einheitlichen, nur durch Faziesgrenzen gegliederten Sedimentationsraum dar.“

Zur stratigraphischen Stellung des Grobsandzuges schreibt HOFMANN (1987: 340): „BÜCHI & HOFMANN 1960: 11 ff. und HOFMANN 1967c [a]: 190 kamen aufgrund lithologischer und sedimentpetrographischer Studien zur Auffassung, dass der Randen-Grobkalk, die Muschelsandsteine in der OMM der Nordschweiz und der Grobsandzug von Friedingen im nordwestlichen Bodenseegebiet altersgleich sind. Nach HOFMANN (1976: 5) wären der Randen-Grobkalk und die ihm entsprechenden Muschelsandsteine zwischen die Überlinger-Sandsteine und die Sandschiefer/Schiefermergelzone einzustufen.“ HOFMANN stellt (1987: 142) die Grobsande des Hegaus und die entsprechenden Bildungen nördlich des Rheins nach v. BRAUN in das „Helvétien“.

Diskussion zu F 6 b

In der Diskussion zu Kap. F 4 a wurde gesagt, daß die Eigentliche Graupensandrinne bis zum NW-Rand des Grobsandzuges reicht und dort die Erweiterte Graupensandrinne beginnt. Erst mit der Bildung der Kirchberger Geröllfazies stellt die Graupensandrinne, ausgenommen jedoch die Zone der Kirchberger Tonfazies (Abb. 5 [1a]: 20, Abb. 4 Nr. 5: 12) einen zusammenhängenden Sedimentationsraum dar. Es existiert dann nur eine Faziesgrenze, nämlich (Abb. 5) zwischen [1a] und [1b bis 3].

(c) Verschiedenerlei „Grobsande“

HABICHT führt (1987: 141-142) den Begriff „Grobsande“ (in der „OSM und OMM“) auf SCHALCH (1922: 79) zurück. Nach SCHALCH sind es „grobkörnige, lockere, größtenteils geröllfreie Quarzsande, sog. Graupensande“. „Sie stimmen genau mit den seit langem bekannten sog. Glasanden von Benken ... überein.“ SCHALCH nennt sie auch von der Sandgrube am Kirchberg bei Unterriedern und betrachtet sie als andere Fazies der Austernagelfluh der Graupensandrinne. HABICHT stellt zu den Grobsanden sowohl die Vorkommen in der „OSM (Schienerberg, Seerücken, HOFMANN 1956a, 1956b)“ wie auch die „Grobsandfazies (‘Grobsandzug’)“ SCHREINER's (1974: 55; 1976: 14, 15) im „Niveau des Randen-Grobkalkes“, dazu Grobsande in der OMM des südlichen Klettgaus, auch bei Benken und in der Schweiz (zit. u. a. BÜCHI & HOFMANN 1960: 11-13; HOFMANN 1976). Gemeinsames Merkmal: „Aufgrund ihrer sedimentpetrographischen Zusammensetzung sind die Grobsande Ablagerungen eines becken-axialen, ost-westgerichteten Stromsystems mit moldanubischem Einzugsgebiet, zu denen allerdings gegen S hin in Teilen der OMM Material aus der Napf-Schüttung (Epidotgehalt!) zugemischt ist.“

Diskussion

HOFMANN hatte schon (1955b: 13) die Herkunft dieser Sedimente [im allgemeinen mit Andalusiten, Lyditen, reichlich Feldspäten, rötlichen Quarzen, mit fehlendem oder wenig Kalk] aus dem Böhmischem Massiv erwogen. Es zeigt sich, „dass die Grobsandzufuhr aus ENE ein altes Element in der Sedimentationsgeschichte der OMM ist und immer wieder auftritt“ (HOFMANN 1967a: 191; 1976: 4). Er verweist auch (1987: 128) auf die Zufuhr moldanubischen Grobsandes in der OMM „(Baltringer Horizont, Randen-Grobkalk, Muschelsandstein der Nordostschweiz, vgl. HOFMANN 1967c [a]: 189; BÜCHI & HOFMANN 1960: 16 ff.)“. Außerdem beschreibt er mehrfach (wie zuerst KIDERLEN (1928; 1931) Material aus NE in den Grimmelfinger und Kirchberger Schichten der Eigentlichen Graupensandrinne, also auch aus dem Helvet (Otnang). Die Ost-West-Schüttung dauerte bis in den Anfang der OSM-Sedimentations, nämlich bis in die Glimmersand-Schüttung an (HOFMANN 1956b: 25). HABICHT's Zusammenfassung altersmäßig und faziell verschiedener Ablagerungen unter dem Begriff „Grobsande“ erscheint nur unter sedimentpetrographischem Gesichtspunkt geeignet. Stratigraphisch könnte sie z.B. zu ROLLIER's Irrtum verleiten, Randen-Grobkalk und Grimmelfinger Graupensande zu korrelieren. Interessant bezüglich der Frage, ob der Graupensandfluß bei Schaffhausen in ein Helvetmeer mündete (Kap. J) oder nach SW fortsetzte (Kap. M), ist die Darstellung von BÜCHI & HOFMANN (1960: 15 Fig. 1). Darin zeichnen sie die „Grobsandschüttung“, längs deren Verlauf OMM-Sedimente „durch jüngere marine Transgressionen und Schüttung der Graupensandrinne ausgeräumt“ wurden, vom Skizzenrand ca. 9,4 km ENE Schaffhausen westsüdwestwärts bis fast zur Reuss (ca. 4,4 km WNW Baden, ca. 44 km WSW Schaffhausen) (s. Kap. M).

F (7) Muschelsandsteine und Bodmansande in der OMM Südwestdeutschlands

(a) Muschelsandsteine

a) Ein „Liegender Muschelsandstein“ ist laut KNUPFER (1912: 305, 307, 309) die randliche, küstennahe Bildung der glaukonitreichen Heidenlöcherschichten = Überlinger Sandstein = Basis-

sandstein (s. ZÖBELEIN 1985b: 219 Nr. 35). KIDERLEN nennt ihn (1931: 247; 1938: 85) auch „Unteren Muschelsandstein“. BÜCHI & HOFMANN erwähnen (1960: 16) „Muschelsandsteine“ in den „Überlinger Heidenlöchersandsteinen“. Dieser Untere Muschelsandstein entspricht wohl dem „Basiskonglomerat“ von ERB (1935: 15), ERB & KIDERLEN (1955: 35), ERB & a. (1961: 26), HOFMANN (1967a: 189) SW Rüdigen a. Rh. (3,5 km ENE Eglisau) mit Napfmaterial und SCHÖBER (1989: 60; s. unsere Tab. 3: 51) im Bereich des Juckenbergs SW Bergöschingen (4 km SE Geißlingen). An Geröllen in den Heidenlöcherschichten nennt SCHALCH (1901: 297) einzelne Quarzite, ERB (1934: 15) Gerölle aus der USM des Liegenden und SCHREINER (1970: 51) kleine Gerölle alpiner und jurassischer Herkunft.

b) Laut Erb (1934: 18) sind den Sandschiefern „Die Sandsteinbänke und die Muschelsandsteinbänke ... in verschiedenen Niveaus eingeschaltet, vorzüglich aber ein Bestandteil der Oberregion.“ „Früher wurde der Muschelsandstein als eine durchgehende Bildung aufgefaßt, die in bestimmten Niveaus der M. M. [Meeres-Molasse] eingeschaltet sein sollte“, was aber ein Irrtum war (mit Hinweisen auf den „liegenden Muschelsandstein“ der Heidenlöcherschichten und sonstige Vorkommen). HAUS spricht (1951: 51) vom „Liegenden Muschelsandstein“ in den Sandschiefern sowie (: 54, 55, 56) vom „Grobsand- bis Muschelsandsteinzug Friedingen-Mindersdorf-Rengetsweiler“. Er läßt offen, ob der Grobsandzug mit den Bodmansanden oder mit dem Baltringer Muschelsandstein zu korrelieren ist. Der Grobsandzug liegt als OMM-Rest in der Erweiterten Graupensandrinne unter den dortigen Kirchberger Schichten. Laut SCHREINER in ZÖBELEIN (1985b: 218 Nr. 34/35) ist er zu den Bodmansanden zu stellen. Nach ergänzender Mitteilung von Herrn SCHREINER (s. unten, b) sind wohl die Muschelsandsteine in den Sandschiefern als Ausläufer der Grobsande des Friedinger Grobsandzuges zu betrachten. Die Baltringer Schichten liegen profilhöher (ZÖBELEIN 1985b: 220 Nr. 41). Nach RUTTE (1952: 295-297, mit Lit. über Muschelsandsteine) stellt der „Liegende Muschelsandstein“ bzw. „liegende Muschelsandstein i. e. S.“ wohl einen lokalen Schelfrandwall der basalen Sandschiefer dar. „Liegender Muschelsandstein“ an der Basis der Sandschiefer bei ERB & KIDERLEN (1955: 35), die (: 36, 37) im Muschelsandsteinzug „(nach HAUS)“ einen 'Hangenden Muschelsandstein' erwähnen. ERB & HAUS & RUTTE verweisen (1961: 27) wie ERB (1934: 18) auf das Vorkommen verschiedener „Muschelsandsteinlagen“ in den Sandschiefern, besonders an der Basis (Liegender Muschelsandstein).“ Er liegt (: 29, 125 Prof. 24) zwischen Weierhof und Meisenberg (s. Beil. 2) bis etwa 10 m stark auf USM. Bei Haldenhof (: 27, 136 Prof. 26) folgen über 27 m typischem Sandschiefer 4 m Sandstein und [Oberer] Muschelsandstein. „Muschelsandstein“ an der Basis der Sandschiefer bei SCHREINER (1966b: 92). „Muschelsandstein“ aus zu Kalksandstein verbackenen Grobsanden bei WERNER (1966: 105, 107); der Grobsand ist „mit den Sandschiefern (und deren Liegendem Muschelsandstein) verzahnt“ (WERNER 1966: 110); der „Liegende Muschelsandstein“ ist wohl eine Flachwasserfazies des transgredierenden Sandschiefermeeres (WERNER 1966: 112). SCHREINER (1970: 55): Fossilreiche Grobsandsteine im Friedinger Grobsandzug, die „auch als Muschelsandsteine bezeichnet“ werden.

c) Der Baltringer Muschelsandstein wird seit langem von zahlreichen Autoren genannt, z.B. von KIDERLEN (1931: 242, 244).

Diskussion

Demnach können in der OMM Südwestdeutschlands unterschieden werden: a) Unterer Muschelsandstein in den basalen Heidenlöcherschichten; b) Mittlerer tieferer und Mittlerer höherer Muschelsandstein in den Sandschiefern; c) Oberer Muschelsandstein in den Baltringer Schichten. Zufolge der Einstufung der Heidenlöcherschichten nach Foraminiferen in das tiefere Otnang durch WENGER (1987b: 165) gehören a)-c) dem Otnang an (Helvet in ZÖBELEIN 1985b: 219 Nr. 35, 218 Nr. 34, 220 Nr. 41). – Die spärlichen kleinen alpinen Gerölle im nördlicher liegenden Unteren Muschelsandstein (Basiskonglomerat, a) könnten ausklingende Reste der Napfschüttung sein. Über Muschelsandsteine in der Schweiz s. HABICHT (1987: 275 ff.).

(d) Bodmansande

Über die Bodmansande und ihre Zuteilung zu den Sandschiefern i. w. S. durch SCHREINER habe ich (1985b: 218 Nr. 33) berichtet. Ergänzend sei hierzu bemerkt: Die Darlegungen von HAUS (1951) werden in ERB & HAUS & RUTTE (1961) wiedergegeben und verwertet. Laut deren Ausführungen (: 22-23, 31-36, Profilsammlung: 114 f. Nm. 3 f.) liegen die wechselhaft ausgebildeten Bodmansande diskordant auf Sandschiefern i. e. S. Die Autoren vermerken (: 22-23) im „Vollständigen Profil der O.M.M.“ samt deren Hangendem auf der „Albsteinplatte“ (Beil. 2, = südöstliche Albsteinfläche; unsere Abb. 4 Nr. 1b: 12) 0,3-10 m Bodmansande, meist mit basalem Geröllhorizont alpiner Herkunft. Das zugehörige Profil von HAUS (1951: 50 Abb. 9) bei Haggenhaus wird (1961: 34 Abb. 2) wiedergegeben. Die Profilbeschreibung (: 116 Nr. 3) nennt „7,8 m Bodmansande, an der Basis auskeilende Gerölle“. Im Profil der „Reduzierten Schichtenfolge der O.M.M. im Bereich der 'Erweiterten Graupensandrinne' (Beil 2 und 3, Abb. 1)“ (: 23) samt dem Hangenden sind der oberste Teil der Sandschiefer oft und die Bodmansande meist ausgeräumt. Das HAUS'sche Profil (1951: 52 Abb. 10) von der Eichhalde wird (1961: 24 Abb. 1) reproduziert. Laut Profilbeschreibung (: 129-130 Nr. 32) liegen zwischen scharfer Unter- und Obergrenze „14 m Bodmansande mit Schrägschichtung, z. T. knauerig“ samt einem basalen „Geröllhorizont [dessen Sohle auf ca. 615 m anstatt auf „630 m“ liegt]: alpine, bunte Gerölle; Juragerölle, von Pholaden angebohrt, Haifischzähne, Austern“, letztere (: 35) in Bruchstücken und dazu kleine Bruchstücke von Pectenschalen. Zwei Geröllzählungen aus dem Geröllhorizont der Bodmansande (: 32 und 35, Eichhalde) und eine aus dem Mischgeröllhorizont der Kirchberger Schichten (: 42-43) lassen auf gleiche Herkunft der Gerölle schließen (: 43; Geröllanalysen Kap. I Nm. 41 und 22).

Herr SCHREINER teilte am 7. 2. 1990 auf meine Bitte um Ergänzung seiner Angaben in ZÖBELEIN (1985b: 218 Nr. 33) mit: „Nach meinen Aufnahmen liegt die Obergrenze der Schichten, die SCHMIDLE 1918 als Bodmansande bezeichnet hat, unterhalb der Ruine Altbodman etwa 5 m unter der dortigen Obergrenze der OMM. Darüber folgt der Geröllhorizont der Kirchberger Schichten. Der obere Teil der Sandschiefer ist bei der Bildung der Graupensandrinne abgetragen worden (etwa 20-25 m). Primär lag die Obergrenze der Bodmansande SCHMIDLE's demnach 25-30 m unter der Obergrenze der Sandschiefer (vgl. Abb. 28 in SCHREINER 1970). Die durch Schrägschichtung, Mittel- und Grobsand sowie einzelne alpine Geröllchen gekennzeichnete Fazies, die SCHMIDLE (1918) als Bodmansande bezeichnet hat, sind unterhalb der Ruine Altbodman etwa 50 m mächtig. Der untere Teil enthält auch Lagen, die den typischen Sandschiefern entsprechen. Es liegt eine rinnenförmige Einlagerung vor (Abb. 28 in SCHREINER 1970).“ – Zum Muschelsandstein“ schreibt Herr SCHREINER: „Muscheln sind aus den Sanden unterhalb der Ruine Altbodman bislang nicht beschrieben worden. Bei intensiver Suche würde man wohl welche finden. Eine Verbindung zu der Muschelsandsteinlage in den Sandschiefern weiter im Beckeninneren, die nur 0,5-2 m mächtig ist, kann in den Aufschlüssen am Bodanrück nicht festgestellt werden. Trotzdem ist es wohl richtig, die Muschelsandsteine in den Sandschiefern als Ausläufer der Grobsande des Grobsandzuges Friedingen-Mindersdorf-Rengetsweiler zu betrachten. Die Abfolge unterhalb der Ruine Altbodman liegt zwischen dem Grobsandzug und dem Verbreitungsgebiet der geringmächtigen Muschelsandsteine vom mittleren Bodanrück und Überlingen-Hödingen.“

F (8) Entstehung der Erweiterten Graupensandrinne

(a) Literaturangaben

Laut HAUS (1951: 53) wird „Die unvollständige marine Serie ... mit scharfer Grenze, die einer stratigraphischen Lücke entspricht, überlagert von den Kirchberger Schichten.“ Und (1951: 58): „Wahrscheinlich lag aber der heutige Verbreitungsbereich der Kirchberger Schichten nördlich des Überlinger Sees während der fluviatil erfolgenden Ausräumung der Graupensandrinne s. str. und auch

noch während des Absatzes der Grimmelfinger Sande trocken und wurde erst in einem relativ späten Zeitraum ein Teil jener brackischen Bucht, in welcher die Graupensandrinne nach erfolgter Ablagerung der Graupensande infolge der späthelvetischen Ingression ertrank (KIDERLEN 1931, S. 329).“ „Der Boden des heute vom Geröll-Mischhorizont der Kirchberger Schichten eingenommenen Rinnenabschnittes wurde wahrscheinlich weniger durch fluviatil strömendes Wasser nach Art der eigentlichen Graupensandrinne vorbereitet, als durch die Aufarbeitung und Umlagerung der obersten Schichten. Sie kann das häufige Vorkommen der von der ursprünglichen Albsteinbedeckung herrührenden Süßwasserkalke im Gerölmischhorizont erklären.“ Dazu (: 60 Nr. 3): „Einebnung der Liegendfläche der Kirchberger Schichten [erfolgte] vor deren Ablagerung, wobei der Denudationsbetrag verschieden und nicht sicher feststellbar“ ist. HAUS erklärt (1951: 59-60), „daß alpine Schotterströme aus dem Hörnligebiet [die Napfschüttung; HOFMANN 1976: 4 Fig. 2], bei der großen späthelvetischen Transgression in den flachen Teil der in unserem Gebiet stark ausgeweiteten brackischen Bucht (‘erweiterte Grausandrinne’) eindringen. Für den Weitertransport läßt sich am ehesten an Gezeitenstöße denken.“ Auch ERB & HAUS & RUTTE verweisen (1961: 39) auf die im Verhältnis zur Eigentlichen Graupensandrinne recht flache Ausräumung der Erweiterten Graupensandrinne, die „wahrscheinlich durch Meeresströmungen erfolgte“ und „also nach dem Absatz der den Deckschichten aufsitzenden Süßwasserkalke“ begann.

(b) Diskussion

Den Ausführungen von HAUS (1951) stimme ich zu bis auf seine Meinung, daß der Boden der Erweiterten Graupensandrinne „wahrscheinlich weniger durch fluviatil strömendes Wasser“ vorbereitet wurde. Wie anders soll denn „die Aufarbeitung und Umlagerung der obersten Schichten“ erfolgt sein ?, da laut HAUS das Gebiet der Erweiterten Graupensandrinne während des Absatzes der Grimmelfinger Schichten trocken lag. Über „Gezeitenstöße“ siehe Kap. F 9. – Bei der Deutung des Werdeganges der Erweiterten Graupensandrinne weicht das Autoren-Trio (1961) von HAUS’ Darlegungen ab. Nach dem Absatz der „aufsitzenden Süßwasserkalke“ (des Albsteins) entstand zunächst die Eigentliche Graupensandrinne und erst später (s. HAUS) die Erweiterte Graupensandrinne. Deren „wahrscheinlich durch Meeresströmungen“, also im Brackwasser entstandene Ausräumung kann nicht zutreffen. MOOS hat (1925: 223) im Kapitel „Die Grimmelfinger Graupensande als Flußsande“ auf E. KAYSER (1921: 655) verwiesen, wonach „die gewöhnlichen Meeresströmungen durchgängig zu schwach (sind), um erodierend wirken zu können.“ (Bosporus und Dardanellen sind nach KRÜMMEL 1911: 727 Ausnahmen.) MOOS belegt (: 225) aus Daten über das Verhältnis von Strömungen und Sedimentgrößen in heutigen Flüssen, daß diese Strömungsstärken in einem angenommenen Meer in der Graupensandrinne ausweislich der Körnung ihrer Sedimente nicht erreicht wurden. Umso weniger ist es denkbar, daß Strömungen im Brackwassergebiet der Erweiterten Graupensandrinne ein Schichtpaket vom Albstein bis zur Sohle der Kirchberger Geröllfazies abgetragen hätten, das 25-50 m mächtig und bis 15 km breit war (unsere Abb. 4: 12) und sich über eine Länge von mehr als 43 km bzw. mehr als 130 km erstreckte (Abb. 3: 11 bzw. Abb. 3 + Anteil in Abb. 7: 32). Vielmehr ist anzunehmen, daß dieses Schichtpaket zur Zeit der Schichtlücke zwischen Eigentlicher und Erweiterter Graupensandrinne fluviatil ungleich stark abgetragen wurde, also während der Dauer der Eigentlichen Graupensandrinne dank deren kräftiger Vorfluterwirkung. Der Abtragungsschutt wurde vom Graupensandfluß großenteils nach SW weggeführt. Die im Bereich der späteren Erweiterten Graupensandrinne erosiv erniedrigte Landoberfläche wurde zugleich mit der Eigentlichen Graupensandrinne durch tektonische Einwirkung unter Meereshöhe abgesenkt und von Kirchberger Schichten verschieden mächtig aufgefüllt.

F (9) „Gezeiten“ und „Watten“ im Molassebecken

Gegen „Gezeiten“ und „Wattenbildung“ in jüngeren Molassemeer, wie sie mehrere Autoren annehmen, habe ich (1985b: 235⁴) Stellung genommen. So denken z.B. HAUS (1951: 60) an „Gezeitenstöße“ in der Erweiterten Graupensandrinne und WERNER (1966: 117) an Gezeiten zur

Zeit des Grobsandzuges. Einige Autoren verweisen auf die Schrägschichtungsmessungen HÜLSEMANN's (1955) in der OMM Oberschwabens. Sein Diagramm (: 384 Abb. 12) „weist zwei auf einer etwa NE-SW orientierten Symmetrie-Ebene liegende Häufungsgebiete auf. Das bedeutet, daß zwei oft diametrale, aber \pm parallel zur Klifflinie orientierte Hauptschüttungsrichtungen vorherrschen.“ HÜLSEMANN (: 359, 386 Nr. 4) zufolge sind die „Rippeln in der Molasse in tieferem Wasser“ und „unter Beteiligung von Ebbe und Flut“ entstanden.

Diskussion

MOOS hatte schon (1925: 233) aus KRÜMMEL, Handbuch der Ozeanographie (1911: 367) zitiert, daß Gezeitenströme in Nebenmeeren wie dem Mittelmeer sehr schwach sind und dies insbesondere auf das Molassemeer als Nebenmeer zweiter Ordnung bezogen.⁸ Nach FÜCHTBAUER (1967: 290) handelt es sich „um ein schmales Becken, welches auf beiden Seiten mit dem 'Weltmeer' Verbindung hatte. Starke, möglicherweise mit den Gezeiten oder Jahreszeiten wechselnde, beckenparallele Strömungen sind daher wahrscheinlich.“ Dazu (: 291): „Die Tiefe des OMM-Meeres kann zeitweise wenige Meter kaum überschritten haben und dürfte ... stets geringer als 200 m gewesen sein.“ Nach SCHREINER (1970: 62) war das Meer im Eggenburg 0-50 m tief, nach HOFMANN & HÜBSCHER (1977: 63-64) das jüngere Molassemeer „wohl meist weniger als 100 m tief.“ HABICHT verweist (1987: 303) auf Befunde, daß in der Westschweiz im 'Burdigalien' ein „sehr flaches Meer“ bestand, das z.T. von Gezeiten beeinflusst wurde.⁹ Ich bleibe gegenüber diesen Meinungen dabei (1985b: 235⁴), daß starke Gezeiten und Watten nur an den Küsten von Ozeanen auftreten. Im relativ flachen, gekrümmten und nur indirekt mit der Tethys verbundenen Molassemeer bestanden sie nicht. Die beiden „oft diametralen“ Hauptschüttungen HÜLSEMANN's in der OMM beruhen auf Meeresströmungen, wovon die von NE kommende Material aus dem Urnaab-Urmain-Gebiet, die von SW kommende Material der Napfschüttung transportierte. Im allgemeinen bestimmen „großräumige und lange Zeit andauernde Massentransporte“ die Sedimentation im Molassebecken (s. SCHREINER 1966b: 94). HOFMANN führt sie auf marine Strömungen infolge von Kippungen des Untergrundes und dadurch ausgelöste Sturzfluten zurück (1957: 319; 1967a: 192, 198, 199; 1976: 5-7, 8 Abb. 6; 1987: 20, 128; BÜCHI & HOFMANN 1960: 21). In der OMM (einschließlich der „BM“) des Molassebeckens änderte sich das axiale Gefälle (der meist marine Transport) achtmal zwischen W und E (HOFMANN 1976: 8 Fig. 6). GALL skizziert (1975: 202 Abb. 4) in der „zyklischen Entwicklung der Oberen Meeresmolasse am Südrand der Alb und im [„nördlichen“] Molassebecken“ vom Burdigal bis zum Oberhelvet vier Hebungstendenzen, die jeweils mit vier Senkungstendenzen abwechseln. Sie zeigen, wie beweglich der Untergrund damals war. Laut HAUS (1951: 61) hatten schon KIDERLEN (1931) und ERB (1931) „Die tektonische Labilität des subjurassischen Gebietsstreifens in der Zeit vor und noch während der Auffüllung der Graupensandrinne“ bewiesen.

Gegen Gezeiten in der Subalpinen Molasse Oberbayerns, die BARTHELT zur Zeit der Cyrenen-Schichten annimmt (1986: 127, 129, 130; 1989: 1, 57-59), spricht deren beschränkter Ablagerungsraum. Im westlichen Oberbayern an Ammer und Lech überwiegt bereits bei weitem die limnofluviatile Bunte Molasse, die westwärts im Allgäu allein vertreten ist. Im Osten sind den Cyrenen-Schichten an der Schlierach (1,5 km NE Miesbach) Lagen mit Land- und Süßwassermollusken eingeschaltet (ZÖBELEIN 1952: Lageplan etc.; 1953: 125). Außerdem führen die Cyrenen-Schichten Kohlenflöze und Stinkkalke mit limnischen Mollusken. Eine direkte Verbindung mit einem offenen Meer und seinen Gezeiten bestand in dieser Paratethys-Region damals also nicht.

⁸ KRÜMMEL (1911: 361) zufolge beträgt der Tidenhub am Ostende der Ostsee im Finnisch-Bottnischen Golf [1000 km NE Kopenhagen] 27-50 mm. „Gezeitenströme gewinnen bei den im allgemeinen so schwachen Tidebewegungen im Mittelmeer nur an einigen wenigen Stellen Bedeutung“; bei Korfu [2250 km E Gibraltar] betragen sie 6 cm (: 367, 364). Das Schwarze Meer [mit 1125 km W-E-Er Streckung] ist gänzlich ohne Gezeitenbewegungen (: 370). – Zum Vergleich: Basel-Wien = 650 km.

⁹ Seiner Meinung, daß die „OMM der Schweiz ... eher zur Domäne der Tethys als zu jener der Paratethys zu gehören“ scheint, möchte ich mich nicht anschließen.

F (10) Sedimentationszyklen in der OMM

Die Aussagen von SAIER, v. BRAUN, HECKEL und SCHOBER werden unten vorgetragen (Kap. G 1 c, G 3 f, h, i). HAUS' (1951: 52) „letzter mariner Zyklus“ besteht aus Bodmansanden und Deckschichten. Laut HAUS (1952: 27) zeigt die „OMM im Nordschenkel des Vorlandtroges im Bodensee-vorland eine strikte Zweiteilung in zwei ... marine Sedimentationszyklen.“ Der untere, in der Bohrung nördlich Meersburg rund 150 m mächtige Zyklus ist gegen oben sandmergelschieferig und sandschieferig ausgebildet. Zum oberen, bis 40 m mächtigen Zyklus gehören „die Baltringer Schichten (früher Bodmansande + Deckschichten)“. FÜCHTBAUER (1954: 36 ff.) unterteilt nach LEMCKE & a. (1953: 24 ff.) die OMM in zwei Zyklen, „deren jeder mit mehr oder weniger groben Basisbildungen beginnt und nach oben feinkörniger wird.“ Der „I Zyklus (? Burdigal—Helvet)“ umfaßt die 'Sandmergelstufe' [dazu wohl die Heidenlöcherschichten], der II. Zyklus den 'Baltringer Horizont' und die 'Feinsandstufe'. Beide Zyklen weisen einen ausgeprägten Epidotgehalt aus der Napfschüttung auf. Die „Süßbrackwassermolasse (oberes Helvet)“ mit der Füllung der Graupensandrinne behandelt FÜCHTBAUER (: 38) eigens. Die Zyklen bei ERB & KIDERLEN (1955: 35-36) und VOLZ (1957: 40; 1959: 212) entsprechen jenen bei LEMCKE & a. BÜCHI & HOFMANN unterscheiden (1960: 11-13) in der OMM zwischen Aarau und Schaffhausen im 'Burdigalien' vier Lithozonen, im Helvétien zwei Sedimentationszyklen, „wobei lokal der 1. Zyklus ausfallen kann“ oder „lokal und meist nur sehr rudimentär entwickelt“ ist. Örtlich „dürfte das Fehlen des unteren Helvétien auf Ausräumung während der Sedimentation des zweiten Zyklus berufen“ [was dann auf die Lage in der Erweiterten Graupensandrinne schließen läßt; s. Kap. M]. Bei ERB & a. (1961: 22-23) besteht der 1. Zyklus (Unteres Helvétien) aus den Heidenlöcherschichten und Sandschiefern, nach scharfer Grenze der 2. Zyklus (Mittleres Helvétien) aus den Bodmansanden und Deckschichten, die als Baltringer Horizont zusammengefaßt werden. Der Albstein (Oberes Helvétien) folgt getrennt darüber. SCHREINER's I. Zyklus (1966b: 92) umfaßt Heidenlöcherschichten und Sandschiefer bzw. (: 102) Heidenlöcherschichten, Sandschiefer, Grobsand und Randengrobkalk, der II. Zyklus Bodmansande und Deckschichten bzw. (: 102) Baltringer Schichten. Nachdem SCHREINER (in ZÖBELEIN 1985b: 218 Nr. 33; s. auch unsere S. 28) die Bodmansande nicht mehr mit den Baltringer Schichten korreliert und sie den Sandschiefern i. w. S. zuteilt, ändern sich diesbezügliche Zyklus-Abgrenzungen. GALL beschreibt (1975) einen dritten Zyklus in der OMM. FÜCHTBAUER erklärt (1967: 279) die Zyklenbildung „durch das Zusammenspiel einer stetigen, aber ungleichen Beckenabsenkung mit einer wechselnden fluviatilen Zufuhr.“

G. Grimmelfinger und Kirchberger Schichten nebst ihren Entsprechungen westlich des Bodensees

Die folgenden, den SW Baden—Württembergs und die benachbarte NE-Schweiz betreffenden Gebiete wurden im Hinblick auf die weiteren Kap. eigens behandelt. Da einige Autoren sich auf ältere, teils schwieriger zugängliche Literatur beziehen und sich Diskussionen anschließen, wurden einschlägige Texte auszugsweise wiedergegeben. Die Graupensandgruben im SE und SW von Schaffhausen werden in Kap. G 4 eigens besprochen. Die hinfort genannten Örtlichkeiten finden sich zum Teil auf unserer Abb. 3, den auf Abb. 2 abgegrenzten GK 25 (darunter Nr. 8316/8416, SCHOBER 1989, nicht eingesehen), auf der GK 50 Konstanz etc., der GÜK 200 von WÜRTEMBERG, Blatt 3 (WEIDENBACH 1931), bei v. BRAUN (1953: Taf. VIII), HOFMANN (1967a: Abb. 8; 1967 c), in zitierter Spezialliteratur und Kartenbeilagen in Diplomarbeiten (nicht eingesehen).

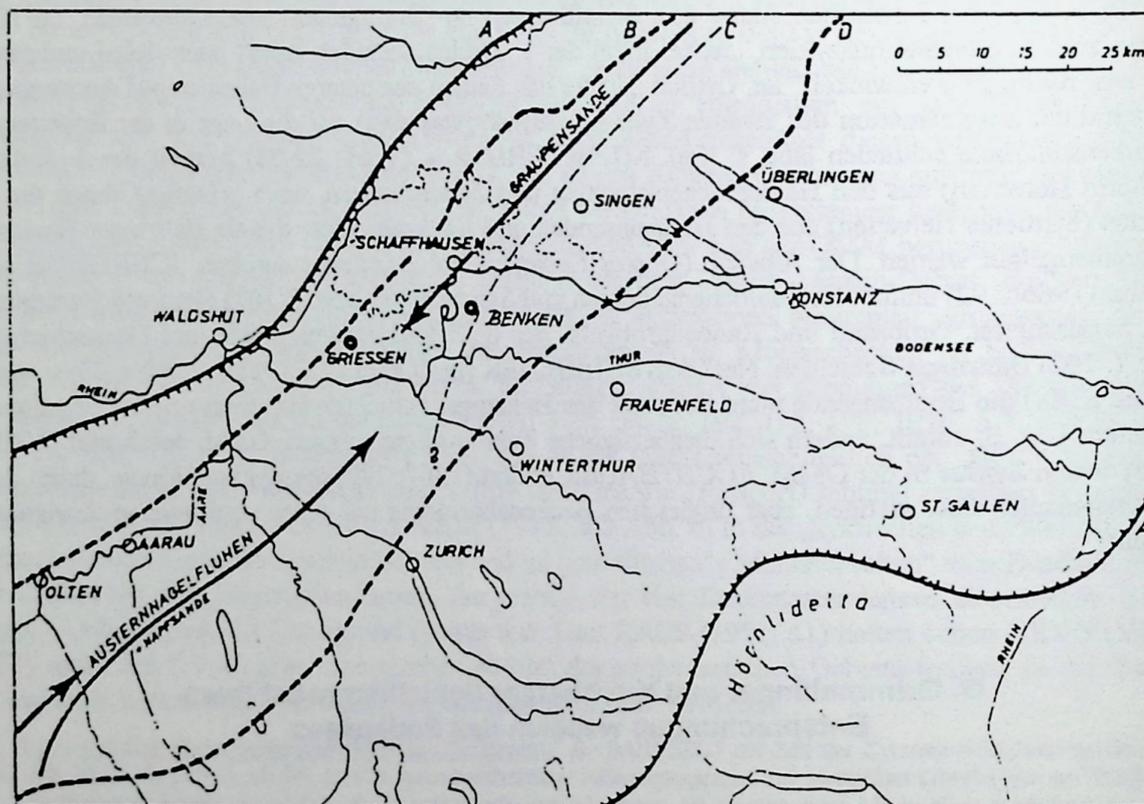
Allgemein bemerkt KIDERLEN (1931: 272), daß Grimmelfinger Schichten im Hegau ganz vereinzelt vorkommen, z.B. bei Anselfingen (SCHALCH 1895), daß (: 274) S und SW Riedern und Benken die Grimmelfinger Schichten in der geröllfreien oder -armen Ausbildung des Ulmer oder Schaffhause-

ner Gebietes nicht mehr bekannt sind, daß (: 272-273, 284) im Hegau und SW davon die kiesige Fazies in den oberen Lagen der Grimmelfinger Schichten anhält und (: 273, 318) daß die südwestlichste typische Faziesausbildung der Kirchberger Schichten mit dem Reyath (jetzt Reiat) erreicht ist. KIDERLEN verweist auf SCHALCH (1895: 200; 1878; 1914; 1916) und auf sein eigenes Profil Nr. 23 (: 374) W Büttenhardt am Reiat. Dort, aber auch bei Benken am Kohlfirst (jetzt Cholfirst) (: 11 Abb. 3, 57), kommen noch Kirchberger Schichten mit brackischen Mollusken über Grimmelfinger Schichten vor.

Schichtbegriffe und -korrelierungen werden eingehender in Kap. H, die „marine“ Natur der Grimmelfinger und Kirchberger Schichten in den Kap. J-M behandelt.

Einen Überblick über die Abgrenzung von Eigentlichem und Erweiterter Graupensandrinne im weiteren Bodenseegebiet (indirekt auch über deren Füllung), ihre Erstreckung und die damaligen Schüttungsrichtungen liefert die folgende Abbildung (s. dazu Kap. M).

Abb. 7 (= HOFMANN 1967a: 192 Abb. 4 wie 1967c: 7 Fig. 2 wie 1976: 7 Fig. 5)



5 Paläogeographische Skizze der Nordostschweiz und ihrer Grenzgebiete zur Zeit der ausgehenden Oberen Meeresmolasse.

- A Nord-, bzw. Südküste des Molassemeeres zur Zeit seiner maximalen Ausdehnung (Glaukonit sandsteine und Randengrobkalke).
- B Nordrand der Graupensandrinne nach deren Ausräumung.
- C Südrand der Graupensandrinne zur Zeit der Ablagerung der Grobsande von Benken-Wildensbuch und Griesen-Riedern.
- D Südrand der erweiterten Rinne zur Zeit der Ablagerung der Kirchbergerschichten.
(Teilweise nach H. A. HAUS).

G (1) Hegau (Baden)

(a) SCHALCH beschreibt (1895: 200 ff.) bei Anselfingen im Hegau (s. unsere Abb. 3, GK 25 Nr. 8118 Engen) als „Meeresmolasse“ 0,3-0,4 m mächtigen groben kiesigen Sand aus Quarzen und Feldspäten etc., mit Gemengteilen u.a. aus Weißjura und „Kieselschiefern“. Diesen ist, „ihrem ganzen Aussehen nach, am ehesten ein paläozoisches, etwa silurisches oder devonisches Alter zuzuschreiben.“ Solche „Lydite“ sind aus dem Schwarzwald und der Schweizer Miozän-Nagelfluh nicht bekannt (: 204). Der „ausgesprochen marine Charakter“ der mittelmiozänen Kiese von Anselfingen „wurde durch den Nachweis des wenn auch sehr seltenen Vorkommens von Haifisch- und Sparidenzähnen sichergestellt.“ Es lagen von *Lamna cortortidens* und *Sparoides molassicus* je zwei Zähne vor (: 206). Über den Kiesen folgen in der Anselfinger Tongrube (: 207) 2 m mächtige Tonmergel der „Brackwassermolasse (Schichten von Kirchberg)“. Daraus beschreibt SCHALCH (: 200, 209-216) an brackisch-limnischen Fossilien *Chara meriani*, *Congeria amygdaloides*, *C. clavaeformis*, *Anodonta* oder *Unio*, *Cardium sociale*, *C. friabile* (jetzt *Limnopageta friabilis*), *Neritina cyrtoscelis* (jetzt *Theodoxus cyrtocelis*), *Bythinia ovata* (jetzt *Bithynia dunkeri*), *Bithynia gracilis* (jetzt *Bithynia glabra*), *Melania* sp. (jetzt *Brotia*), *Melanopsis* sp., *Limneus dilatatus* (jetzt *Radix socialis dilatata*), *Planorbis* sp. (jetzt *Planorbarius*); (Nomenklatur s. SCHLICKUM 1963: 2-3). Laut SCHALCH (: 217, 218) haben die Anselfinger Sande und Kiese eine besonders große Ähnlichkeit „mit der von den württembergischen Geologen als ‘Graupensande’ bezeichneten Fazies der mittelmiozänen Meeresmolasse“. Petrographisch ähnlich ausgebildet sind die Vorkommen von Stetten, Lohn, Büttenhardt (am Reiat) und Benken (am Cholfirst; s. unsere Abb. 3). Doch nehmen dort die Sande lagenweise große und mannigfaltigere Gerölle auf. Gänzlich abweichend sind die Grobkalke in den Steinbrüchen der OMM (im SW, etwa auf dem Randen) ausgebildet (: 218).

Diskussion: KIDERLEN erklärt (1931: 272) den groben, kiesigen Sand der „Meeresmolasse“ als Grimmelfinger Schichten. Die darin vorkommenden „Kieselschiefer“, „Lydite“, die SCHALCH zutreffend als silurisch-devonisch angesprochen hat, stammen aus dem Einzugsgebiet von Urmain/Uraab Nordostbayerns (s. zuletzt ZÖBELEIN 1991). SCHALCH's Fossilien aus den Kirchberger Schichten von Anselfingen gibt SCHREINER (1966a: 48) wieder.

(b) Ebenfalls im Hegau liegen die von SCHREINER (1959; 1966: 49 ff.) beschriebenen Kirchberger Schichten bei Engen, am Nordrand des Brudertales (1 km NE Engen; GK 25 Nr. 8118 Engen). Sandsteinplatten, die unter Juranagelfluh liegen, lieferten auf ihrer Ober- und Unterseite Steinkerne und Abdrücke von *Cardium sociale*, *Congeria clavaeformis* und *Unio* (1959: 63, 64). Ein grauer, mergeliger Ton im Liegenden enthielt *Chara zerlei*, Deckel von *Planorbarius* und Gesteins- und Fossilreste aus dem Weißjura. Darunter folgten 0,1 m Graupensande auf Weißjura zeta 2 (: 63). Die Erosionstiefe der Graupensandrinne ist mit 80 m anzusetzen. SCHREINER beschreibt (1966b: 48 ff.) weitere Vorkommen von Kirchberger Schichten auf Blatt Engen sowie (1983: 16 ff.) solche und auch von schwächtigen Graupensanden auf GK 25 Nr. 8218 Gottmadingen.

(c) Soweit SAIER's (1985) „Sedimentpetrographische und geomorphologische Untersuchungen zur Morphogenese des Hegaus“ die Obere Meeres-Molasse (OMM) und die „Brackwassermolasse (BM)“ betreffen, werden sie hier herangezogen. Unter Auswertung vorausgegangener Literatur und eigener Befunde behandelt der Autor beim I. Zyklus der OMM (: 66 ff.) die Becken- und Randfazien von den Basisschichten bis zu den Sandschiefern, beim II. Zyklus (: 71 ff.) die Folge vom Baltringer Horizont bis zu den Deckschichten („Feinsandserie“). Im Anschluß an die OMM berichtet der Autor (: 84) über die Deckschichten. Folgt man den Angaben FÜCHTBAUER's & MÜLLER's (1977, S. 55), so ergibt sich, „daß die Sedimente wahrscheinlich im Flachwasserbereich abgelagert, die Tonminerale von Flüssen herangeführt und unter sehr ruhigen Verhältnissen sedimentiert wurden. Der Übergang dieser marinen Bildungen in die terrestrisch entstandenen Krustenkalke des Albsteins ist in den Steinbrüchen Tengen und Wiechs a.R. nur sehr undeutlich ausgebildet (Abb. 11 und 12).“ Zum Albstein (: 85-86) bemerkt der Autor u.a.: „Altersmäßig kann der Albstein, wie [: 85, nach RUTTE

1955: 361] erwähnt, dem mittleren Helvet zugeordnet werden, einer Phase, die von KIDERLEN (1931, S. 336) mit der Bezeichnung 'helvetischer Hiatus' belegt wurde" (: 86). Die Helicidenmergel (: 88-89) führen „Landschnecken, marine Schnecken, Austern und Süßwasserschnecken“ (: 88). „NÄGELE (1962, S. 52 und S. 90) unterscheidet ... bereits zwischen den vorwiegend im Ostalbbereich verbreiteten echten Süßwasserkalken, exsudativ gebildeten Krusten und Helicidenmergeln“ (: 88). Nach SAIER's Meinung muß „eine Gleichaltrigkeit von Albstein und Helicidenmergeln angenommen werden. Demzufolge sind die Darstellungen SCHREINER's (1976, S. 11, Abb. 4 und S. 14, Abb. 5) zu revidieren, da durch die Art der Zeichnung ein höheres Alter der Helicidenschichten impliziert wird“ (: 89). SAIER verweist auf die „Infiltrationstiefe der roten Verwitterungsprodukte in den marinen Sedimenten der OMM und die häufigen Einlagerungen von Landschnecken“. „Zusammengefaßt ist die Aussage möglich, daß man sich den Bereich der SW-Alb im Helvet keineswegs als seenreiche Flachlandschaft vorstellen darf, wie NÄGELE (1962, S. 54) für den Bereich der südlichen Ostalb [im Torton!] wiedergibt. Die SW-Alb und der Hegau lagen wahrscheinlich nur wenige Meter über dem Meeresspiegel ...“ (: 89). Im Kapitel über die „Brackwassermolasse“ (: 99 ff.) spricht SAIER nach LEMCKE & a. auch von „Süßbrackwassermolasse“ (: 100, 103, 127, 178-179). In das obere Helvet (: 98 Tab. 3, 100, 142 Nr. 9) bzw. in das oberste Helvet (: 101; [wie RUTTE 1981: 160]) fällt die Erosion der Graupensandrinne (: 101 ff.), die er „im NE bei Ingolstadt“ beginnen läßt. Die Füllung der Graupensandrinne sind „Sedimente der Brackwassermolasse“ (: 103 ff.). Sie bestehen aus „fluviatilen Grimmelfinger Graupensanden“ (: 100), die von den brackischen Kirchberger Schichten überlagert werden. Davon sind in der „erweiterten Graupensandrinne“ der „Mischgeröllhorizont“ und darüber die „Samtsande“ vertreten (: 102 u. Abb. 14).

SAIER führt (: 103 ff.) „noch einige Besonderheiten“ an, die „im Zusammenhang mit der Sedimentation in der Graupensandrinne beschrieben wurden und eventuell zur Klärung der paläogeographischen Verhältnisse innerhalb der Süßbrackwassermolasse beitragen können.“ So erwähne HOFMANN (1960c, S. 67) [hier 1960b] „Verkieselungserscheinungen an der Basis der Süßbrackwassermolasse und RUTTE (1981, S. 160) gibt an, daß sich in entsprechenden Ablagerungen im Hegau Alemonit-Gerölle, sogenannte 'Süßwasserquarzite' (RUTTE; 1981, S. 168) finden, die eindeutig mit dem Riesereignis in Verbindung gebracht werden können. Zum anderen beschreibt KIDERLEN (1931, S. 199 ff.) [KIDERLEN 1931 beginnt mit S. 215; wohl S. 325, s. SAIER: 104] innerhalb der Graupensande Quarze oder aus Quarztrümmern bestehende Bestandteile, deren Oberfläche weitgehend angegriffen und deren Inneres meist porös-blasig ist.“ SAIER (: 104) erscheint es wichtig, „die Genese dieser verkieselten Ablagerungen, wie sie bei RUTTE (1981, S. 198 ff.) angesprochen ist, aufzugreifen, weil sich hieraus eine genauere Datierung der Anlage der Graupensandrinne ergeben könnte und Phänomene wie die Quarzrestschotter Ostbayerns eine andere Interpretation erfahren.“ Nach einem Auszug aus RUTTE (1981, S. 198 ff.) über die Beschaffenheit und Entstehung des „Alemonit“ fährt SAIER (: 104) fort: „Bei der Frage, wie sich diese Beobachtungen erklären lassen, verweist RUTTE (1981, S. 199) auf das Riesereignis und die Zufuhr von Kieselsäure und Eisen durch den Meteoriten ...“ Nach SAIER's Ansicht (: 106, 104) besteht „aufgrund der Alemonitfunde in der Brackwassermolasse des Hegaus und der verkieselten Kreide- und Jura-Fossilfunde in den Graupensanden keine Zweifel, daß die Sedimentation der Brackwassermolasse größtenteils erst nach dem Riesereignis stattfand.“

Auf einige sedimentpetrographische Analysen SAIER's (: 159 ff.) wird in Kap. I (Nrn. 9, 19, 21, 23, 26, 45) verwiesen.

Diskussion

Zu SAIER S. 82: Es trifft nicht zu, daß man „infolge erhöhter tektonischer Affinität im chattischen Schuttfächer des Hochgrats auf fünfzig Hebungsphasen“ [die vormalige „KRAUS'sche Repetitionsschichtung“] kommt. BÜCHI hat (s. ZÖBELEIN 1952: 59) den vielfachen Wechsel von Konglomerat, Sandstein und Mergel durch Aufschüttung seitlich pendelnder Alpenflüsse an ihrer Mündung

in das absinkende Molassebecken erklärt und SCHIEMENZ (1960: 44 ff., 50 ff.) den Beweis geliefert. SAIER zitiert ihn (: 82) sowie FÜCHTBAUER & MÜLLER (1977: 621), ohne seine obige Äußerung deren Aussagen anzupassen. — Zu S. 84: Die „marinen“ OMM-Deckschichten sind schwach marine bis brackische und schließlich limnische Sedimente (s. HAGN 1961: 296 ff., 306, 307, 316; ZÖBELEIN 1985b: 213 Nr. 11). — Zu S. 85: Über den Albstein siehe ZÖBELEIN (1985a: 57 ff.; 1985b: Tab. 1, Profile 1 und 4) und vorliegende Abb. 4 (: 12) Nrn. 1a-2b. Der Albstein überlagert die „Helicidenmergel“ im Gebiet der nordwestlichen Albsteinfläche, dem Bezugsgebiet RUTTE's (1955: 361) und SAIER's, wie SCHREINER nicht nur in den zitierten Abbildungen, sondern auch im Text (1966a: 42-43) darlegt. Er stimmt darin mit NÄGELE (1962: Abb. 2 zu S. 56), ZÖBELEIN (1985a: 49, 60, 82; 1985b: 313 Nrn. 10, 9) und HOFMANN (1976: 6; 1987: 152-153) überein. Der Albstein ist hier demzufolge jünger als die Heliciden-Schichten. Im Bereich der südöstlichen Albsteinfläche geht der Albstein in rascher Folge aus den Deckschichten hervor (HAUS 1951: 53; RUTTE 1955: 361; ZÖBELEIN 1985a: 49, 82). — Zu S. 86: Albstein und „helvetischer Hiatus“: Der Autor meint unter Bezug auf KIDERLEIN (1931: 336), daß beide in „einer Phase“ entstanden sind. Unter dem gleichen Bezug hatte RUTTE (1955: 361) eine Entstehung des Albsteins „im ‚Helvetischen Hiatus‘“ angenommen. KIDERLEIN schreibt dort bloß: „Während der Funktion der Graupensandrinne als Flußtal und brackische Bucht muß rechts und links davon das Gebiet trocken gelegen haben.“ Er bezeichnet aber (: 241) den Albstein und die Schneckenmergel als „lakustrische Sedimente“. Der Hiatus im Oberhelvet/Untertorton = Oberrottang/Unterkarpat ist die Sedimentationsunterbrechung auf den beiden Albsteinflächen, wie frühere Autoren schon definiert haben (s. ZÖBELEIN 1985a: 60-61). (In ZÖBELEIN 1991: 132 Tab. 1 umfaßt „E 4 Oberrottang-Erosion außerhalb der Graupensandrinne“ wie ersichtlich auch das Unterkarpat. Der Hiatus begann also (opp. RUTTE, SAIER) nicht gleichzeitig mit der Albsteinbildung, sondern erst mit dem Einschneiden des Graupensandflusses in die Albsteinfläche. Er endete mit der Auffüllung der Rinne durch OSM und deren Übergreifen auf das nördliche Vorland. Dort entstanden u.a. die von KIDERLEIN (1931: 342 ff.), ANDRES (1951) und NÄGELE (1962) beschriebenen Süßwasserseen und ihre Kalke. — Zu S. 88: „Helicidenmergel“ siehe Kap. H 1 j. Aus den dort als Untereinheit ausgeschiedenen und hier einschlägigen Heliciden-Schichten waren bisher nur helvetische Landschnecken und die Kalkalge *Microcodium elegans* bekannt (ZÖBELEIN 1985a: 47-48). SAIER erwähnt aus den „Helicidenmergeln“ unter Bezug auf LEUZE (1922: 360 ff.) marine Schnecken, Austern und Süßwasserschnecken. Die daraus (: 89) hergeleitete „Infiltrationstiefe der roten Verwitterungsprodukte in den Sedimenten der OMM“ stellt sich als Einschwemmung vom nördlichen Vorland dar. Diese Art von „Helicidenmergeln“ bleibt hier außer Betracht, da SAIER (: 85 ff.) wie NÄGELE (1962: 85 ff.), SCHREINER, HOFMANN und ZÖBELEIN (s. oben) den Begriff auf das „Hangende der Oberen Meeresmolasse“ (NÄGELE) bzw. das Hangende der Deckschichten beziehen. Aus den „Helicidenmergeln“ seines Untersuchungsgebietes nennt SAIER außer „Heliciden“ nur Austern und Austernbruchstücke (: 182-183, Nrn. 3, 6, 11, 18-20, 28-30) und *Pholas* (Nr. 2, wohl Bohrlöcher in Kalken der Jüngeren Juranagelfluh). Da das Meer der OMM schon durch Hebung des Untergrundes verdrängt war, können marine Fossilien nur durch Aufarbeitung älterer Molasseschichten in die „marinen“ Heliciden-Schichten eingeschwemmt worden sein. Außerdem können wegen der unterschiedlichen Salzverträglichkeit marine Lebewesen nicht zusammen mit den oben genannten Süßwasserschnecken im gleichen Biotop vorkommen. — Zu S. 89, Entstehungshöhe der ausgehenden OMM-Serie über dem Meeresspiegel: Die von SAIER (: 84) zitierte Äußerung FÜCHTBAUER's & MÜLLER's (1977: 55), daß die Deckschichten „wahrscheinlich im Flachmeerbereich abgelagert“ wurden, wird durch ihren Übergang aus der OMM und ihre schwach marine bis brackische und dann limnische Fazies erhärtet. SAIER hat den wichtigen Gesichtspunkt herausgestellt, daß die gesamte ausgehende OMM-Serie in geringer Höhe über dem Meeresspiegel entstanden ist. Über den 15 m bzw. 3 m im NW und 20 m im SE mächtigen Deckschichten (SCHREINER 1970: 53 bzw. 1976: 14 Abb. 5) folgen bis 3,7 m Heliciden-Schichten und bis 2-3 m Albstein (Lit. in ZÖBELEIN 1985a: 46, 62). Das gesamte Schichtpaket wurde fortlaufend über das Meeresniveau herausgehoben. Die ursprüngliche Tiefenlage dieses Schichtpaketes erklärt die Entstehung einer durchgehenden Albsteinfläche und mache Eigenarten der Schichten, die bei einer Hochlage nur schwierig

zu deuten wären. Der Graupensandfluß hat sich erst nach der Entstehung der Albsteinfläche in diese eingeschnitten, so daß die Rinnenfüllung also jünger als der Albstein ist (opp. RUTTE; SAIER; ERB & KIDERLEN 1955: 38; W. H. MÜLLER & a. 1984: 125). Ihre heutige Tiefe hat die Graupensandrinne durch fortschreitende, im NE stärkere Heraushebung des Untergrundes erreicht.

SAIER behauptet (: 89), daß die von SCHREINER (1974: 88) in „Helicidenmergeln“ genannten Minerale Quarz, Epidot, Granat, Zirkon und Turmalin „eindeutig aus dem westalpinen Bereich“ stammen, was „im Widerspruch zu früheren Äußerungen SCHREINER's (1974, S. 56)“ stehe. — Die von SAIER genannten Minerale SCHREINER's (1974: 88) in Helicidenmergeln kommen „aus Molassesanden“, während er (1974: 56) Grobsand bis Quarzfeinkies des Randengrobkalks behandelt, die „von Nordosten herangeführt“ wurden. Der nicht näher charakterisierte Quarz kommt in alpinen wie in nordöstlichen Schüttungen vor. Die Schwermineralgehalte beider Schichten kann man nicht vergleichen, weil aus den Helicidenmergeln keine detaillierten Spektren vorliegen und SAIER (: 165-170, Nrn. 14-29) Schwerminerale nur lückenhaft oder gar nicht (so beim Helicidenmergel, Nr. 27) angibt. Die Anteile der laut SAIER „eindeutig aus dem westalpinen Bereich“ stammenden vier Schwermineral-Arten betragen in den aus NE zugeführten Sedimenten (s. unser Kap. I) im „OMM-Grobsand“ (Nr. 39 Probe 51) 65 %, (Nr. 40 Probe 1) 68 %, (Nr. 40 Probe 2) 62 %, (Nr. 43b Proben 4-10) im Mittel 84 %; im Randengrobkalk (Nr. 39 Probe 51) 66 %, (Nr. 40 Probe 1) 68 %, (Nr. 40 Probe 2) 62 %, (Nr. 40 Probe 3) 59 %; in den Grimmelfinger Graupensanden (Nr. 4 Tab. II) 76 %, (Nr. 6 Probe 27) 85 %, (Nr. 8a Probe 3) 89 %. Für den Grobsandzug ist typisch (WERNER 1975: 27), daß darin nur Gerölle nordöstlicher Herkunft, aber keine alpinen Gerölle gefunden wurden. Laut BÜCHI & HOFMANN (1960: 19) fehlen in ihrer südlichen Fazieszone der OMM mit der Napfschüttung die für die NE-Schüttung typischen rötlichen Quarze und die Andalusite. SAIER's Einwand gegen SCHREINER's Darstellung ist also unhaltbar.

Zu S. 100, 103: Der Begriff „Süßbrackwassermolasse“ kann entfallen (: 4, 76). — Zu S. 100: Die „fluviatilen Grimmelfinger Graupensande“ sind kein Teil der „Brackwassermolasse (BM)“ (: 99 ff.). — Zu S. 101: Die „Gewässer der Graupensandrinne“ beginnen nicht „im NE bei Ingolstadt“ (RUTTE 1981: 160: „im weiteren Raum von Ingolstadt“), sondern im Regensburger Raum (Kap. C 2 Abb. 1). Da dort die Uraab in die Graupensandrinne mündete, ist die Annahme RUTTE's (1981: 160) hinfällig, daß als Einzugsgebiet der „gewaltigen Wassermassen“ „eigentlich nur die Region der Südlichen Frankenalb in Betracht“ kommt. Dem fügt SAIER (: 101-102) das ostbayerische Gebirge hinzu, „während eine Zufuhr aus dem Böhmerwald und dem Bayerischen Wald ausgeschlossen ist.“ Andererseits zitiert er (: 103) SCHREINER (1976: 15) und FÜCHTBAUER (1964: 259), wonach eine Materialzufuhr „aus der Oberpfalz“ bzw. „aus dem moldanubischen Kristallin“ erfolgte. KIDERLEN hatte schon (1931: 302) betont, daß die „Rinne ... die Ströme Frankens dem näher gelegenen niederbayerischen Becken entzogen“ hat. (Daraus ist zu schließen, daß zwischen dem Rinnenbereich und dem Ottnang-See Niederbayerns zunächst ein Hochgebiet gelegen haben muß.) Das Brackmeer drang von Niederbayern erst nach der Absenkung der Graupensandrinne unter Meeresniveau in diese ein. (Die brackische Invasion endete hier und in Teilen des südlicheren Vorlandes mit der Hebung des Meeresbodens in Niederbayern; vgl. KIDERLEN 1931: 303, 304, 354, 358). Wenn die Graupensandrinne nach SAIER erst im oberen bzw. obersten Helvet angelegt wurde, ist nicht ersichtlich, daß sich „Aus den Gefällverhältnissen innerhalb der Rinne ... eine mittel- bis oberhelvetische Umkehr der Entwässerungsrichtung“ ergibt. — Zu S. 102, Abb. 14: Die in der Skizze abgegrenzte „Graupensandrinne 25 km“ stellt nur die Eigentliche Graupensandrinne dar. Sie ist um die (in der Abb. nicht bezeichnete) Erweiterte Graupensandrinne (mit „Mischgeröll H“ und „Samtsande“) zur Breite der Gesamten Graupensandrinne von nunmehr 25 km zu erweitern. Diese reicht von SAIER's „NW Albsteinfläche“ bis zur „Albsteininsel“ im SE (s. unsere Abb. 4: 12). — Zu S. 103: SAIER's Aussage, daß HOFMANN (1960c, S. 67 [hier 1959]) „Verkieselungserscheinungen an der Basis der Süßbrackwasser“ erwähnt, trifft nicht zu; er erwähnt sie in der „unteren Abteilung der St. Galler Meeresmolasse“. RUTTE schreibt (1981: 160), daß „im Hegau und Bodenseegebiet regelmäßig Aemonit-Gerölle beobachtet werden“, nicht aber (opp. SAIER: 103), daß sie in (den von SAIER als „SBM“ mißdeuteten) „entsprechenden Schichten“ vorkommen. „Aemonit-Gerölle, sogenannten 'Süßwasserquarzit'“ bezieht RUTTE (1981: 168; opp. SAIER: 103) nicht auf den Hegau etc., sondern auf die Basis des Oberpfälzer Braunkohlentertiärs. (Übrigens ist dessen Parallelisierung mit dem Riesereignis durch RUTTE 1981: 168 unhaltbar, weil die Braunkohlen schon bisher als tiefes, das Riesereignis aber als höheres Torton eingestuft wurden; Literatur über neue, detaillierte Stratifizierung in ZÖBELEIN 1991). KIDERLEN beschreibt (1931: 324-325) äußerlich angegriffene, innen

meist porös-blasige Quarze oder Quarztrümmer (opp. SAIER: 103) nicht „innerhalb der Graupensande“, sondern aus Kirchberger Schichten.

Da laut SAIER (: 104) „die Verkieselungserscheinungen von KIDERLEN wenig beachtet wurden und bei RUTTE lediglich in Bezug auf das Riesereignis erwähnt werden“, greift SAIER „die Genese dieser verkieselten Ablagerungen, wie sie bei RUTTE (1981, S. 198 ff.) angesprochen ist“, auf. Es könnten sich hieraus eine „genauere Datierung der Anlage der Graupensandrinne“ und eine andere Interpretation der Quarzrestschotter Ostbayern ergeben. SAIER verweist (1985: 101, 103, 104, 106) auf Verkieselungserscheinungen bei RUTTE (1981: 160, 168, 197-199, 201-202).

RUTTE bringt (1981) fast keine Literaturhinweise und kein Literaturverzeichnis. Seine vorausgegangenen einschlägigen Veröffentlichungen nennt er am vollständigsten 1974 ([a]: 126; s. auch unser Schriftenverzeichnis). Seine „Alemonite“ (1972b: 214 von Alemona = Altmühl) und „Astrobleme“ (1981: 198 = Sternwunden) führt er auf den Einschlag des Ries-Meteoriten und dessen Auswirkungen zurück. Auf der Südlichen Frankenalb „entsteht als Typgestein der Alemonit, eine Brekzie aus Malmkalk, Kreide und (gelegentlich) Süßwasserkalk-Komponenten, die in eine Grundmasse aus feinem und feinstem Zerreibsel der gleichen Ausgangssubstanz eingebettet sind.“ „Als Alemonit werden die meisten der früher pauschal als Quarzite bezeichneten wie auch die beim Impact des Alten Gebirges aus Kristallin entstehenden quarzartigen Gesteine gedeutet“ (1981: 198).

BEYER hat (1974) vom chemisch-mineralogischen Standpunkt aus Einwände gegen RUTTE's Annahme einer kosmischen SiO_2 -Herkunft in den Alemoniten erhoben. GRIMM hat (1977: 373 ff., 382) RUTTE's Deutung gründlich widerlegt, daß das Quarzitzkonglomerat Ostniederbayerns (später unnötigerweise in „Quarzkonglomerat“ umbenannt) ein Astroblem ist, welches der kieselsäurehaltige Schweif des Ries-Meteoriten geschaffen hätte. In Wirklichkeit entstanden das Quarzitzkonglomerat und der ihn unterlagernde Quarzrestschotter durch absteigende saure Wasser, welche die Leichtminerale außer Quarz und die löslichen Schwerminerale ausgemerzt hatten. Sie führten zu einer oberflächlichen Verkieselung des Schotters und in diesem mit abwärts nachlassender Wirkung zur Anätzung seiner Komponenten (ZÖBELEIN 1940: 287 ff.; 1985b: 224²; GRIMM 1957: 170 ff.; 1965: 27 ff.). Die Gruppierung der Minerale nach der Verwitterungsempfindlichkeit unter neutralen bis schwach sauren Bedingungen hat neuerdings BOENIGK (1983: 45, 47) registriert. Der seltene „eindeutige Nachweis der ursprünglichen Mineralzusammensetzung“ des Ausgangsgesteins (: 44, 48) ist im Gebiet des Quarzrestschotters Niederbayerns durch dessen unveränderten Ausgangsschotter im Liegenden und durch den Übergang des Quarzrestschotters in den Nördlichen Vollschocher im NW erbracht (s. STIEFEL 1957: 224 Abb. 7, 252). Nach MAK-KENBACH (1984: 144 u. Lit.) ist die Bildung des Quarzitzkonglomerates eng mit der Kaolinisierung verbunden; die Verkieselung tritt bei einem pH-Wert von $< 3,5$ ein. Deshalb lehnt auch MACKENBACH RUTTE's Auffassung von „einem Kieselsäureregen in der Schweifregion des Rieskometen“ ab. GALL & MÜLLER haben (1977a: 358 ff.) überzeugend dargelegt, daß von RUTTE's 'Astroblemen' auf der Südlichen Frankenalb „in keinem einzigen Falle eindeutige Hinweise auf eine Impaktstruktur vorliegen“ und dies auch (1977b) für RUTTE's „Impactkrater Saal a. d. Donau“ (1975) und sein „Pfahldorfer 'Becken'“ gilt.

SAIER bringt (: 104) einen wörtlichen Auszug aus RUTTE's Alemonit-Deutung, erwähnt aber diese abweichenden Darlegungen nicht. Er meint, daß RUTTE's Angabe von 14-15 Millionen Jahren für das Ries-Ereignis und SCHREINER's Datierung (1976, S. 11, Abb. 4) der Anlage der Graupensandrinne [der die BM aber in das Helvet stellt] recht gut übereinstimmen. Doch hat SAIER selbst die Entstehung der Graupensandrinne in das Helvet bzw. Oberhelvet gelegt und mit RUTTE auch oberstes Helvet angenommen, wie eingangs zitiert wurde. Ein helvetisches Alter der Rinnenfüllung hatte sich schon aus STEHLIN (1911) und weiteren Autoren ergeben (s. Diskussion zu Kap. G 3 h; ZÖBELEIN 1983: 175 Tab. 2 usw.). SCHÖBER (1989) läßt die Rinnenfüllung zufolge neuerer Angaben bis in das Karpat reichen (unsere Tab. 3: 51), desgleichen ZÖBELEIN (1991: Tab. 1). Dagegen fällt das Riesereignis in das höhere „Torton“ bzw. in das mittlere bis höhere Baden. Obwohl die Graupensandrinne zur Zeit des Riesereignisses bereits aufgefüllt war, also nicht mehr existierte (s. Abb. 4 Nr. 10: 12), besteht laut SAIER (: 106) „aufgrund der Alemonitfunde in der Brackwassermolasse des Hegaus und der verkieselten Kreide- und Jura-Fossilfunde in den Graupensanden kein Zweifel, daß die Sedimentation der Brackwassermolasse größtenteils erst nach dem Riesereignis stattfand.“ SAIER zufolge sind „ältere Datierungen, die den Einschlag des extraterrestrischen Körpers in das jüngere Torton ... oder gar in das Sarmat stellen, die Brackwassermolasse aber dem Helvet zuordnen, als unzutreffend anzusehen.“ Gerade umgekehrt ist diese Schlußfolgerung SAIER's als unzutreffend anzusehen, der die einschlägige Literatur nicht in Betracht gezogen und sich auf die sonderbaren Alemonite und Astrobleme RUTTE's gestützt hat.

G (2) Reiat und Randen (Kanton Schaffhausen und Baden)

(a) SCHALCH beschreibt (1881: 42 ff.) von Stetten, Lohn und Büttenhardt „marine Schichten“, die er auch (: 64) „geschiebeführende Sande“ und „Meeressande“ nennt. Sie bestehen aus graulichen bis gelblichen, sehr selten schwarzen, lyditartigen Quarzkörnern, kaolinisierten Feldspatbröckelchen und den kleinen Blättchen weißen Glimmers. Von den Geröllen, die sich in den oberen Lagen häufen, hat SCHALCH (: 54 ff.) unter Mithilfe von HEIM und GUTZWILLER 31 Gesteinsarten bestimmt, die zumeist aus den Alpen und selten aus dem Schwarzwald stammen. SCHALCH nennt (: 62) aus den Meeressanden bei Lohn und zwar aus einer Brunnengrabung von 1868 (s. ERB 1931: 22) 9 Taxa Selachier, Wirbel von Ganoiden, Sparoidenzähne (mit ausgewitterter Zahnschubstanz) und das Fragment eines Rhinoceros-Zahnes. An zwei Orten fand er (: 64 ff.) eine „Brackwasserbildung oder die Schichten der *Dreissena* [jetzt *Congeria*] *clavaeformis*“, die auch *Cardium sociale* und *Melania Escheri* [jetzt *Brotia escheri*] führt. SANDBERGER hat „vollkommene Übereinstimmung“ des bei Büttenhardt gesammelten Materials „mit typischen, wohl erhaltenen Exemplaren der Kirchberger Gegend“ festgestellt. Glimmerreiche, etwas tonige Feinsande N Lohn (Flur Rütene), die SCHALCH (1881: 45) für „Meeressande“ bzw. (1914: 731) für „Obere ? Süßwassermolasse“ hielt, sind nach KIDERLEN (1931: 273) eher Grimmelfinger Schichten, nach ERB (1931: 21, 23) laut ihrer Fossilführung Kirchberger Schichten (s. PFANNENSTIEL 1931).

(b) SCHALCH behandelt (1914) nochmals das Tertiär von Stetten, Lohn und Büttenhardt, das unter Juranagelfluh liegt. Die „Meeressande“, an einer Stelle bei Büttenhardt (: 707) die brackischen Bildungen, liegen auf Weißjura. Die schon 1881 genannten marinen Fossilien dokumentieren den „unzweifelhaft marinen Charakter“ der Meeressande. Zusätzlich nennt SCHALCH (: 723) daraus einige Knochen- und Zahnfragmente sowie aus der Brackwasserbildung noch *Anodonta anatinoides* und *A. Lavateri* [beide jetzt *Anodonta splendens*; s. MODELL 1941: 134]. Im brackischen Kalksandstein, der in der Grube W Büttenhardt die brackischen Mergel überlagert, sind eingeschwemmte Weißjura-Fossilien recht zahlreich (: 729). Die mittelmiozäne „Altersbestimmung der Anselfinger Meeressande [s. G 1 a] mit denen von Büttenhardt ergibt sich aus dem auch an ersterer Lokalität nachgewiesenen Vorkommen von Haifisch- und Sparoidenzähnen“ (: 727). In einer eingehenden Analyse von 42 Geröllen aus den Meeressanden von Büttenhardt unterscheidet SCHALCH (: 706-722; vgl. 1881) nichteinheimische Kristallin- und Sedimentgesteine aus den Alpen und einheimische Gesteine, vorwiegend aus dem Weißjura. Schwarzwaldkristallin war nicht dabei (so auch 1916: 100).

(c) SCHALCH's Blattgebiet (1916; Nr. 145 Wiechs-Schaffhausen, jetzt Nr. 8217 Tengen-Wiechs) umfaßt (: 90 ff.) im N, um Wiechs am Randen, die „subjurassische Randzone“, „(Citharellenkalke und Sandkalke mit *Pecten Herrmannseni*, Helicitenmergel und Juranagelfluh)“ [also die OMM-Randfazies NW der Graupensandrinne; unsere Abb. 3 Nr. IV]. Weiter beckeneinwärts [ab 1,7 km SE Wiechs; s. HOFMANN 1967a: GK] zeigt „ein anderer Teil (Meeressande mit Geröllen, Brackwassermergel und Glimmersande der oberen Süßwassermolasse)“ vorwiegend die „Faziesform der mittelschweizerischen und Bodenseemolasse. Doch greift die eine Ausbildungsform in das Gebiet der anderen über. In beiden Fällen zeigen die ältesten hierhergehörigen Ablagerungen ausgesprochen marinen Charakter.“ „Als mit dieser Ausbildung petrographisch kaum vergleichbar, liegen auf dem Reyath bei Büttenhardt und auf dem südöstlichen Teil der Randenhochfläche gleichalterige lose, etwas tonige Quarzsande mit zahlreichen Geröllen, Austern und Haifischzähnen auf dem älteren jurassischen Untergrund.“

SCHALCH stellt (1916: 91) „daher folgende 2 Ausbildungsformen des Miozäns für den Bereich des Blattes und das nächst anstoßende Gebiet gegenüber.“ [Die OSM habe ich weggelassen, die Bezeichnungen der Schichten a-d zugesetzt, die jenen SCHALCH's auf S. 91, 98, 103 und 104 entsprechen.]

Subjurassische Randzone	Reyatertär
[c] Helicitenmergel und rote Süßwasserkalke	[d] Brackische Schichten (Mergel und Kalksandsteine mit <i>Dreissensia clavaeformis</i> und <i>Cardium sociale</i>)
[a] Citharellenkalke und Sandkalke mit <i>Pecten Hermannseni</i>	[b] Meeressande mit Geröllen, Austern und Fischzähnen

Die Schicht [b] nennt SCHALCH (: 98 wie 1921: 41) auch „Geröllführende Sande, marin m2“, „mit alpinen Geröllen und da und dort ... Austern und Haifischzähnen auf dem Ausgehenden des Weißjura“. Er registriert (1916: 101) *Lamna cuspidata*, *L. lineata*, *L. reticulata*, *L. rigida*, *Ostrea arenicola* und *O. Argoviana*, dazu unbestimmbare Knochen- und Zahnfragmente. „Glaukonitkörner fehlen vollständig“ (: 99). Die mit Ausnahme der Feuersteine gut gerundeten Gerölle (denen MOOS 1925: 224 größtenteils fluviatile Entstehung zuschreibt) „bleiben vorwiegend unter Kopfgröße, zeigen aber alle Übergänge bis zu feinem Sand“ (: 99). Die etwa 6 m mächtige Schichtengruppe [d] führt auch die in Kap. G 1 a genannten Anodonten (: 106, 98).

Diskussion

(b) sind die Grimmelfinger Schichten, [d] die Kirchberger Schichten (s. Kap. H 1 b). Die Subjurassische Randzone stellt den NW-Rand der Eigentlichen Graupensandrinne, etwa bei WIECHS am Randen und Tengen dar, das Reiat-Tertiär, etwa bei Stetten, Lohn und Büttenhardt deren Füllung. Das war SCHALCH noch nicht bekannt, weshalb er die altersverschiedenen Schichtfolgen korreliert hat. SCHREINER bemerkt (1983: 16): „Nach SCHALCH (1881) und ERB (1931: 21) enthalten die Graupensande bei Lohn Haifischzähne und Austernsplitter, was auf die Mündung der Graupensandrinne in das weiter im SW gelegene Meer hinweist.“ Siehe dazu Kap. J, K.

(d) ERB beschreibt (1931: 21 ff.) im N und W von Lohn auf der GK 25 Nr. 146 Hilzingen, jetzt Nr. 8218 Gottmadingen; SCHREINER 1983: 17 ff.) an zwei Stellen spärliche Graupensande auf USM oder Weißjura. Sie haben zahlreiche Haifischzähne und an einem Fundpunkt auch Splitter von Austernschalen geliefert. ERB registriert (: 22) von dort SCHALCH's Funde (1881: 62) aus „Meeressanden“ (die SCHALCH 1881: 44 „marine Sande mit Geröllen“; 1916: 90, 91, 98 „Meeressande mit Geröllen“ genannt hat), nämlich 8 (9 ?) Taxa Selachier, Ganoiden-Wirbel, Sparoiden-Zähne (mit ausgewitterter Zahnschubstanz), 3 Taxa Austern und das Fragment eines Rhinoceros-Zahnes. Die 6 m mächtigen, feinsandigen Kirchberger Schichten liegen auf Weißjura-Massenkalk. Basisnahe Kalksteinknauern haben Steinkerne und Abdrücke von 10 Taxa brackischer Muscheln geliefert, die ERB (: 23) nach der Beschreibung PFANNENSTIEL's (1931: 5 ff.) aufführt. Dessen „*Oncophora PARTSCHI* var. *socialis*“ und „var. *GÜMBELI*“ heißen laut SCHLICKUM (1964: 33) *Rzehakia gümbeli* (GÜMBEL), die Dreissensien jetzt Congerien. *Siliqua alemannica* wird als nov. sp. beschrieben, wozu eine *Siliqua* sp. indet. kommt. „Aus der Gesamtheit der Tierwelt der Kirchberger Schichten muß man schließen, daß das Meer im Osten lag und, daß die durch das Brackwasser immer ärmer an Arten werdende Fauna nach Westen einwanderte“ (PFANNENSTIEL: 17).

(e) SCHREINER zeichnet (1983: 15 Abb. 4) die „Schichtenfolge und Fazies des Tertiärs auf Blatt Gottmadingen [Nr. 8218] und Umgebung“. Graupensande von wenigen Dezimeter Mächtigkeit (: 16) liegen in der Graupensandrinne auf Weißjura, Bohnerzlehm oder Älterem Krustenkalk. Die auf Weißjura oder USM lagernden Kirchberger Schichten (: 17 ff.) sind in Tonfazies 1-2 km breit und nach Bohrung 12 m mächtig. Sie führen lagenweise reichlich Abdrücke und Schalen von *Congerina* sp. und *Cardium* sp. SE der Tonfazies folgt die Sandfazies der Kirchberger Schichten. Sie steht bei Lohn auf dem Randen und bei Almenbühl (2 km NW Thayngen) in der Eigentlichen Graupensandrinne (s. unsere Abb. 3 u. 4). Aus Kalkknauern bei Lohn stammt KIDERLEN's brackische Muschelfauna (1931). Die in der Sandgrube N Lohn anstehenden „Silt-Feinsande entsprechen weitgehend dem

Samtsand (ERB, HAUS & RUTTE 1961: 39)“ [in der Erweiterten Graupensandrinne]. „Die Quarzgerölle sind auf dem Randen im Gegensatz zu den meisten anderen Vorkommen im Hegau-Bodenseegebiet nicht an der Basis der Kirchberger Schichten, sondern oben eingelagert“ (:18). Im Anschluß an die Profilbeschreibung der Lehmgrube Almenbühl bemerkt SCHREINER (: 19), daß die Obergrenze der Kirchberger Schichten ein unscharfer Übergang, die Untergrenze erosiv und scharf ist. Auf die Geröllanalysen wird in Kap. I Nm. 17, 18, 44 verwiesen.

G (3) Klettgau (Baden) und Umgebung

Von den Autoren behandelte Vorkommen im Südteil der GK 25 Nr. 8316 Klettgau, bei „Grießen“, „Riedern am Sand“, am „Kätzler“, „Kirchberg“ und „Birnberg“ werden in Kap. G 4 c (Abb. 8: 60) zusammengestellt.

(a) Laut F. J. & TH. WÜRTEMBERGER (statt „WÜRTEMBERGER“, 1862: 719 ff.) folgen im Profil zwischen Dettighofen und Baltersweil (5 km E bzw. 7 km ENE Grießen) aufwärts Weißjura, USM (Aquitane) mit der Pflanzenfundstelle nahe Baltersweil, „Austern-Nagelfluh“ („marines Konglomerat“), „Brackwasserbildung“ mit der von TH. WÜRTEMBERGER entdeckten Pflanzenfundstelle bei Dettighofen und Juranagefluß mit der Flora vom Kaltwangen bei Bühl. Die „Brackwasserbildung“ besteht aus einer 6-12 m (20-40 bad. Fuß) mächtigen, glimmerig weißen „Sand Schichte“ mit aufgelagerten Knauern, die Konchylien und Pflanzen führen. „Dass dies eine Brackwasser-Bildung ist, beweist das Vorkommen von marinen Muscheln (*Ostrea gryphoides*, *O. cymbularis*, *Cerithium margaritaceum*) neben Binnenconchylien (*Planorbis*, *Helix*, *Melania* u. s. w.)“ (: 720; kursiv vom Verf.).

(b) F. J. WÜRTEMBERGER (1870) stellt (Taf. XII) in 3 SW-NE-Profilen (Fig. 1-3) aus der „Tertiärformation im Klettgau“ unterschiedlich bezifferte, aber einander entsprechend gezeichnete Schichten dar. Die Schichtfolgen umfassen (: 473 ff., Buchstaben aus Fig. 1 entnommen): a) Oberen Weißjura, b) Bohnerzbildung, c+d) USM, e) „Austernnagelfluh, [e'] in Fig. 2 eine schwächliche Lage „Turrillenkalk“ (einer Breccie mit Geröllen der Austernnagelfluh) und f), den „Melaniensand“, schließlich g+h) Juranageflußbildungen.¹⁰ In c) liegt der Fossilfundpunkt Baltersweil (: 479: 76 Pflanzen- und 3 Tierarten), in f) jener von Dettighofen (: 522-524: 45 Pflanzen- und 36 Tierarten). Das NW-SE-Profil Fig. 4 durchschneidet vom Rafzer Feld aus den Haarbuck, Buchberg und jenseits des Rheins den Irschel und das Tal der Töß (also das Gelände etwa 2,5 bis 5 km ESE bis SE und SSE Eglisau). WÜRTEMBERGER bemerkt (: 489-491) hierzu, daß ½ bis 1 Stunde von der Kaltwangenkette (Taf. XII, Fig. 1 u. 3) entfernt in der Irschelkette jenseits des Rheins „die Tertiärformation in einem fast gänzlich veränderten Schichtbilde auftritt, in welchem namentlich das Fehlen der Conglomerate, die im Klettgau eine so grosse Rolle spielen, sehr auffällt.“ Über der in beiden Gebieten vertretenen USM folgen hier 60 und mehr Meter „Muschelsandstein“. WÜRTEMBERGER registriert aus dem Steinbruch des Haarbuck auf der rechten Rheinseite 12 Selachier- und 3 Austern-Arten, dazu Zähne von *Crocodylus*, *Delphinus*, *Pecten opercularis* und *Lima laffoni*, dann OSM aus Sanden und Mergeln (150-180 m, mit 9 Pflanzenarten) und darin am Irschel in verschiedenen Höhen schwache Kalkbänder mit Land- und Sumpfschnecken. Hangendes ist Diluvium. — Diese und einige weitere Profile werden in 11 Profilbeschreibungen behandelt (: 473-478). Über bis 120 m mächtiger USM (: 476) liegt die Austernnagelfluh mit bis zu 13,5 m Mächtigkeit (: 507). Als Beweis für ihren marinen Charakter führt WÜRTEMBERGER (: 480, 508) Kalkgerölle an, die teils von Bohrmuscheln durchbohrt sind, dazu an Austern (: 508, 480) *Ostrea canadensis*, *O. virginiana*, *O. undata*, *O. cochlear* und *O. sp.* „Zwischen den Geröllen, im Cäment zerstreut, findet man unten selten, oben häufiger theils

¹⁰ v. BRAUN (1954: 150, Taf. IX Nr. 10; unser Kap. G 3 f) bezeichnet den Turrillenkalk NW Bercherhof ebenso wie den Grobkalk der Küssaburg als Litoralsedimente des Unter-Helvet. Laut EBERHARDT (1979: 63, unser Kap. G 3 g) und SCHÖBER (1989: 61) ist der Turrillenkalk vom Juckenbergr (SW Bergöschingen) nur aus Lesesteinen bekannt. Dieser, dem Randengrobkalk ähnliche poröse, sandige Schillkalk liegt direkt über der „Austernnagelfluh“ (das ist hier das Alpine Konglomerat der Nördlichen Randfazies, s. ZÖBELEIN 1985b: 213 Nr. 12). Über SCHÖBER's Darlegungen siehe Kap. G 3 i. Die Lesesteine aus Turrillenkalk gehören wohl zum Hangschutt der Eigenlichen Graupensandrinne.

zerbrochene und abgerollte, theils aber auch noch sehr gut erhaltene, jedoch immer getrennt liegende Schalen von Austern“ (: 508). „Die östliche Grenze der Austernagelfluhe im Klettgau, wo sie durch das Fallen des Terrains plötzlich abschneidet, liegt auf der Höhe nahe der Baltersweiler Kapelle (Profil III, d.)“ (: 509). WÜRTEMBERGER analysiert (: 511 ff.) die Beschaffenheit und Herkunft von 37 Geröllen aus 2 Konglomeraten der Austernagelfluh und leitet sie aus den Alpen und dem Schwarzwald, von diesem auch (opp. SCHALCH 1914: 710 ff.) einen Teil der Kristallingerölle her. Gerölle von 5-30 cm, bis 60 cm und 30-75 cm Größe (: 479, 487, 519) lassen auf eine zeitweise ungewöhnlich heftige Strömung schließen. „Die Klettgauer Austernagelfluh verdankt ihre Ausbildung einer von Westen nach Osten gerichteten sehr intensiven Meeresströmung, welche im Schweizerjura Felsen zerstört (abgetragen)“ und deren Trümmer im Klettgau wieder abgesetzt hat (: 518). Auf der Austernagelfluh liegt überall, abgesehen vom Turrillenkalk, der Melaniensand (: 521 ff.), benannt nach der häufigen, brackisch-limnischen Schnecke „*Melania Escheri*“ = *Brotia escheri*. Die falls unreduziert 12-21 m mächtige Schicht besteht aus einem glimmerreichen, mittelfeinen, gelblichgrauen Quarzsand, der unten etwas gröber ist und vereinzelt kleine Gerölle führt. Bei Reutehöfe (: 487; s. unsere Abb. 8) ist ausnahmsweise ein 30-45 cm dickes Geröllband eingeschaltet, das auch Muschelkalk- und Juragerölle führt. Die Fossilisten (: 522-524) weisen 45 Taxa Pflanzen und 36 Taxa Tiere auf, von letzteren 2 Säugerreste, eine Haifischart, 4 Arten Austern, einen marinen *Murex*, wenige Brack- und Süßwassermollusken und zahlreiche Landschnecken.¹¹ Die Gerölle und „die Schalenreste von Austern“ entsprechen solchen aus der Austernagelfluh (: 521, 522). Aus dem Melaniensand nennt WÜRTEMBERGER (: 524) *Ostrea canadensis*, *O. virginiana*, *O. undata* und (: 486) *O. cochlear* (diese 4 wie in der Austernagelfluh), dazu (: 524) *O. sacellus* und (: 477) *O. caudata*; zusammen mit *O. gryphoides* und *O. cymbularis* (1862: 720) also 8 Taxa. Im Melaniensand von Dettighofen liegen die Flora und im allgemeinen die Fauna unten, die Austern oben (Tab.: 554-555). Laut WÜRTEMBERGER (: 524) sind die Landpflanzen und Land-, Süßwasser-, Brackwasser- und Meerestiere aus den Fossilisten „nicht etwa auf verschiedene Schichten vertheilt, sondern liegen durch- und nebeneinander und sogar auf einem Handstück [Aufzählung von 6 Tiergattungen aus verschiedenen Biotopen „neben Blattresten“]. Dieses Alles weist entschieden auf eine Deltabildung hin.“ „In dem Deltabezirk, wo Salzwasser mit süßem sich mischte, werden wohl Cerithien, die zahlreichen Melanien, auch die Limnaeen und Planorben etc. selbst gelebt haben. Die rein marinen Formen wie *Ostrea*, *Nerita*, *Lamna* etc. sind entweder durch eine Meeresströmung oder den Wellenschlag dorthin gelangt. *Palaeomeryx* mag am Strand verunglückt sein“ (: 525; kursiv vom Verf.). WÜRTEMBERGER schließt (: 527-528): „Der Melaniensand ist ein meerischer Niederschlag, was uns die durch die ganze Stufe zerstreuten Austernreste lehren, hat jedoch stellenweise einen brackischen Anflug. Diese Austern, noch mehr aber das Vorkommen von Austernagelfluhe-Geschieben ... sagen uns, dass die Melanienschichten das Produkt der an Intensität abgenommenen Strömung des Austernagelfluhmeeres seien.“ Er meint, „dass die Austernagelfluhe, der Turrillenkalk und der Melaniensand aufeinanderfolgende Meeresbildungen sind, die in einem geologischen Zeitraume entstanden und zusammengehören.“

Diskussion

SCHIED hat (1929) die Pflanzen von Baltersweil, Dettighofen und aus der Juranagelfluh vom Kaltwangen bei Bühl revidiert. Ihre in der Literatur genannte Artenzahl hat er auf ca. ¼ sicher bestimmbare Spezies reduziert (: 432) und sie zu rezenten Floren in Beziehung gesetzt (: 531 ff.). — Der (die) Melaniensand(e) wurden nach der darin häufig vorkommenden Brack- und Süßwasserschnecke „*Melania Escheri*“ = *Brotia escheri* benannt. Den Brackwassercharakter des Melaniensandes haben F. J. & TH. WÜRTEMBERGER zurecht gegenüber dem „meerischen Niederschlag“ mit einem stel-

¹¹ Von den Landschnecken aus dem Melaniensand von Dettingen ist „*Helix Ramondi* BRONGN.“, umbenannt in *Plebecula ramondi* etc., jetzt *Wenzia ramondi* (BRONGNIART) (s. NORDSIECK 1986: 111) ein chattisches Leitfossil und beweist, daß die Erosion bis in die tiefere USM hinabgereicht hat. Diese steht südlich Schaffhausen (HOFMANN 1967a: 186) und im N der Graupensandrinne landschneckenreich bei Hoppetenzell an (ERB & a. 1961: 16).

lenweisen „brackischen Anflug“ F. J. WÜRTEBERGER's betont. Führt letzterer doch selbst die „rein marinen Formen“ auf Zufuhr zurück. Sie können nicht mit brackischen und limnischen Arten im gleichen Biotop vorkommen, da die Salztoleranzen der drei Gruppen verschieden sind (: 84). HOFMANN führt (1987: 193-194) die Melaniensande WÜRTEBERGER's (1870: 521-528) als Synonym der Kirchberger Schichten an. „Im breiten südlichen Teil der Graupensandrinne [also (auch ?) in der Erweiterten Graupensandrinne] wurden hingegen Sande der Napfschüttung abgelagert, die mit Feinsanden und mit Austernnagelfluhen wechsellagern. Nach oben zunehmend feinere Sande lassen das Abklingen der zur Zeit des Helvétien sehr häufigen Kippungen in der Langsachse des Molassebeckens erkennen, die periodisch Sturzfluten aus W in das Gebiet der Trichtermündung der Graupensandrinne bewirkten.“ Laut HOFMANN (1987: 20) sind die Austernnagelfluhen „keine Leithorizonte. Es handelt sich nicht um einen einzigen Horizont.“ In WÜRTEBERGER's Fig. 1-3 (Taf. XII) folgt auf USM Austernnagelfluh und darüber Melaniensand, was die Lage in der Eigentlichen Graupensandrinne beweist. Über USM liegen in WÜRTEBERGER's Fig. 4 (: 489ff.) 60 und mehr Meter „Muschelsandstein“, bei NAEF & a. (1985: Beil. 2; unsere S. 92) ca. 45-55 m (nach Profilmäßigstab) „OMM“. Darüber folgt in Fig. 4 OSM, bei NAEF & a. ca. 30 m „Ka“ (Karpát) und dann erst OSM. Fig. 4 liegt demnach in der Erweiterten Graupensandrinne. — Über den Aufschluß am Birnberg s.: 60 Abb. 8 und 64.

(c) GÖHRINGER (1915, GK 25 Nr. 169 Lienheim, jetzt 8416 Hohentengen a. Hochrhein) stellt (: 13) ein annähernd übereinstimmendes Streichen (SW-NE) und Fallen (6-9° SE) der USM und des Weißjura fest und folgert, daß eine Bewegung nach der Molassezeit Jura und Molasse gemeinsam betroffen hat (so auch SCHALCH 1921; s. G 3 d). Die Mächtigkeit der USM beträgt im SW auf Blatt Eglisau 250 m und nimmt gegen NW auf Blatt Lienheim schließlich bis auf 0 m ab. Die 10-15 m mächtig Austernnagelfluh liegt auf USM und, wo diese fehlt, auf Bohnerz und Weißjura. Von den meist fremdartigen Geröllern erreichen Sedimentärgesteine bis zu 80 cm. „Zwischen den Gesteinselementen findet man teils zerbrochene, teils abgerollte, aber bisweilen noch sehr gut erhaltene Austernschalen“ (: 15). GÖHRINGER hat *Ostrea giengensis* bestimmt, nennt hiervon 4 Synonyma und 4 weitere Austernarten (s. SCHALCH 1921). Die Turritellenkalke bei Bercherhof spricht er als „Faziesbildung der Austernnagelfluh“ an. Der 13-25 m mächtige Melaniensand ist ein glimmerreicher, mittelfeiner Quarzsand, der (außer bei Bercherhof) der Austernnagelfluh konkordant aufliegt. Eingespickte Gerölle, ein Geröllband und eingesäte Austern entsprechen solchen aus der Austernnagelfluh. Unter Bezug auf WÜRTEBERGER's Fossilfunde erklärt der Autor den Melaniensand als meeri-schen Niederschlag.

(d) Laut SCHALCH (1921: 35, Erläuterungen zur GK 25 Nr. 158 Jestetten-Schaffhausen; jetzt Nr. 8317/8417 Jestetten) war der Jura anscheinend schon so wie heute geneigt, als die USM von SE her auf ihn übergriff. „Erst nach der Molassezeit hat dann eine Bewegung beide zusammen in ihre jetzige Lage gebracht.“ Die Mächtigkeit der USM beträgt in der Bohrung Eglisau 360 m und nimmt im NW des Blattgebietes bis auf wenige Meter ab. SCHALCH gliedert (1921: 37 ff., 40-41; 1922: 76 ff.) sein zur vindobonischen Stufe gehörendes „Mittelmiozän m 2“ wie WÜRTEBERGER (Kap. G 3 b) in „Austernnagelfluh“ und „Melaniensand(e)“, wie er auch wiederholt auf dessen Aufschlüsse und Darlegungen verweist. Die Austernnagelfluh (: 37 ff.) ist nahe der Baltersweiler Kapelle (2 km NE Dettinghofen) 10-15 m mächtig und liegt als „Geröllbildung“ mit scharfer Grenze der USM auf. Die Gerölle bestehen aus alpinem Kristallin und bis 20 cm großen Sedimentgesteinen (Muschelkalk bis oberem Malm), wobei Dogger und Malm in westschweizerischer Fazies vorliegen. Für den Transport ist eine von W kommende Strömung anzunehmen, deren Material von der damals noch mesozoischen Bedeckung des Südschwarzwaldes und dem sich anschließenden nordschweizerischen Tafeljura stammt (: 39). „Der marine Charakter der Austernnagelfluh bekundet sich durch stellenweise ziemlich reichlich sich findende, von Bohrmuscheln durchlöchernde Gerölle und im Zement steckende, unten seltener, gegen oben häufiger werdende, teil zerbrochene und abgewetzte, teils aber auch noch gut erhaltene, jedoch immer getrennt liegende Schalen von Austern“ (: 39). Von diesen nennt SCHALCH (: 39; wie 1922: 79) aus seinen Aufsammlungen auf Blatt Lienheim (s. GÖHRINGER 1915: 15)

Ostrea giengensis, *O. molassica*, *O. boblayii*, *O. forskalii* ? und *O. edulis* ?, denen er die 5 anders bestimmten Austernarten in WÜRTEMBERGER (1870: 508; det. MAYER-EYMAR) gegenüberstellt. „Nach längerer Unterbrechung sind hierhergehörige, neben Austern auch maßgebende Wirbeltierreste führende Meeressande (Glassande) mit Geröllen zunächst wieder bei Benken ... bekannt“ (: 40; s. Kap. G 4 a). — Der spärlich erschlossene Melaniensand m 2 (: 42-43) überlagert bei der Baltersweiler Kapelle „ohne irgendwelche Diskordanz“ die Austernagelfluh. Es handelt sich um glimmerreiche, mittelfeine (1922: 85) feldspatführende Quarzsande. Sie schließen nach oben zu neben Sandsteinlagen dünne Geröllbänder ein, deren Bestand mit demjenigen der Austernagelfluh völlig übereinstimmt. Den engen Anschluß des Melaniensandes an die Austernagelfluh bekunden die gleichen Arten von Austern, die im Melaniensand nach oben zu rasch seltener werden. SCHALCH verweist auf die knapp westlich seiner Blattgrenze liegende reiche Fossilfundstelle der Gebrüder WÜRTEMBERGER in den Melaniensanden bei Dettighofen.

(e) SCHALCH's Blatt Griessen (1922; GK 25 Nr. 157, jetzt Nr. 8316 Klettgau) umfaßt einen großen Teil des Untersuchungsgebietes von WÜRTEMBERGER. Soweit SCHALCH's Ausführungen mit jenen von 1921 übereinstimmen, werden sie nicht wiederholt. SCHALCH gliedert sein 22-35 m mächtiges Mittel-Miocän auch hier wie WÜRTEMBERGER. Die 10-15 m mächtige Austernagelfluh (: 76 ff.) weist die (1921) genannte Verteilung und Herkunft der Gerölle auf. Die Kristallingesteine bleiben meist unter 20 cm, indes von den meist größeren Sedimentgesteinen Weißjurablöcke bis 60 cm Ø erreichen können (: 78). Statt konglomeratischer Nagelfluhen liegt oft eine lockere Geröllanhäufung mit kalkigem Zement vor. „In der Grube nördlich Eichberg [3,5 km ENE Griessen] erweist sich ein derartiges Sandsteinzwischenmittel ganz von klein zerriebenen Austernfragmenten erfüllt“ (: 77). „Der marine Charakter der Austernagelfluh wird dokumentiert durch das gewöhnlich recht seltene, nur lokal und gegen oben sich anreichernde Vorkommen von im Zement steckender, teil zerbrochener und abgewetzter, teils aber auch noch gut erhaltener, jedoch immer getrennt liegender Schalen von Austern (Kiesgrube an der Baltersweiler Kapelle, am Waldrand nördlich Eichberg), sowie durch stellenweise reichlich zu findende, von Bohrmuscheln durchbohrte Gerölle.“ Die (: 79) genannten 5 Austernarten sind die gleichen wie in 1921 (s. Kap. G 3 d). „Bei der unruhigen, der Erhaltung der Organismen jedenfalls sehr ungünstigen Bildungsweise kann die Eintönigkeit dieser Meeresfauna nicht überraschen“ (: 79). Die vorwiegend konglomeratische Fazies der Austernagelfluh macht u. a. bei Riedern am Sand einer anderen Fazies Platz (: 79 ff.) (Riedern s. Kap. F1 Abb. 3, G 4 c). Laut SCHALCH (1922: 82 ff.) geht die konglomeratisch-sandige Austernagelfluh an ihrem Ausstrich am Westende der Klettgauer Berge, in der Nähe der Küssaburg, in ein Haufwerk eckiger oder unvollkommen gerollter Weißjurakalkfragmente über. Das Bindemittel führt u.a. zerriebene Fragmente und Splitter von Austern. — „Im ganzen Bereich der Karte folgt über der Austernagelfluh, soweit sie von jüngeren Tertiärschichten überlagert wird, der Melaniensand m 2“ (: 85-86), auch dort, wo die Austernagelfluh nur in Spuren zutage tritt. Im 12-20 m mächtigen Melaniensand kommen „spezifisch marine Fossilien“ in Form der eingestreuten Austern *Ostrea undata*, *canadensis*, *virginiana* und *cochlear* vor, [die WÜRTEMBERGER (1870: 508) aus der Austernagelfluh und (: 522) aus dem Melaniensand nennt]. Im Melaniensand des Blattgebietes liegt auf der Höhe am Fußweg Berwangen-Albführen (ca. 2 km N Dettighofen; s. v. BRAUN 1953: Taf. VIII) der reiche Fossilfundpunkt der WÜRTEMBERGER's (1870a; 1870b: 522-524; Kap. G 3 a, b). SCHALCH nennt (: 85) daraus „*Melania Escheri*“, *Melanopsis*-Arten und *Cerithium*. „Sie bekunden ... einen ausgesprochen brackischen Charakter und vermitteln so, ohne eine Unterbrechung in der Sedimentation bemerken zu lassen, den Übergang von der rein marinen Austernagelfluh ...“ in die Süßwasserbildung „Juranagelfluh“. „Die Melaniensande stellen das Absatzprodukt der an Intensität verminderten Küstenströmung des Austernagelfluhmeeres dar“ und sind mit der Austernagelfluh aufs engste verknüpft (: 86). „Den marinen und brackischen Arten mischen sich an der genannten Fundstelle reine Süßwasser- und Landbewohner bei (*Helix*, *Clausilia* [als Landschnecken], *Valvata*, *Planorbis*, *Limnaeus* [als Süßwasserschnecken]).“ „Die Land- und Süßwassertiere, wie die mit ihnen vergesellschafteten Pflanzenreste sind von einem Fluß in ein Meeresdelta eingeschwemmt worden und haben da-

durch den marin-brackischen Charakter der ganzen Ablagerung lokal bis zu einem gewissen Grade verdunkelt“ (: 86).

(f) VON BRAUN's „Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrhein-gebiet zwischen Zurzach und Eglisau“ (1954) hatten als „Hauptziel eine Revision der Tertiärstratigraphie und die Darstellung der tektonischen Verhältnisse“ (: 146). „Eine der Hauptaufgaben ... war die Verknüpfung der in der schwäbischen OMM gewonnenen Feingliederung mit den neueren Ergebnissen der OMM-Stratigraphie des Aargaus“ (: 148). Seine „Obere Meeresmolasse“ umfaßt die Schichten zwischen USM und OSM (: 151 Fig. 1 und 167 Tab. 8, s. unten).

Tab. 1 (= v. BRAUN 1954: 167 Tab. 8, „Die Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse am Hochrhein und in den benachbarten Gebieten.“) [Die Kürzel M 1 bis K sind KIDERLEN's Faziesfolge, 1931: 234, 244-245, 247, 248.]

Aargau BRANDENBURG, NIOBI	Klettgau und Hochrheingebiet VON BRAUN	Randen SCHALCH, SCHAAB, KIDERLEN, HAUS, RUTTE	Bodensee und Schwaben	Tortonien
Juragelfluh, OSM	Juragelfluh, OSM	Juragelfluh	OSM	
Austerungelfluh, Polygene Nagelfluh	Oberes Helvétien: Austerungelfluh	Kirchberger Schichten	Kirchberger Schichten Grimmfinger Schichten	
Vorwitterungshorizonte		Knollenmergel	Albatein K	Helvétien
„Transgressives Vindobonien“	Unteres Helvétien: Kalknagelfluh, Graupensande, Turrillenkalk, tieferer polygo- ner Geröllhorizont	Polygener Geröllhorizont	Deckschichten D Haltringer Schichten, Bodman- sande M 1	
„Belpbergschichten 1“ Carbonschichten Muschelsandstein	Microlienkalk und Grobkalk der Küsnung; Glaukonitwandsteine, Grobsand- steine von Zwißlen und Weisch	Randengrobkalk	Sandachiefer und Leistenande - M 2 Heidenlischerschieften M 1	Burdig.
USM	USM	Malm	USM	Aquit.
Malm	Malm		Malm	Malm

Der Autor führt auf S. 149 aus: „Als Helvétien (= unteres Vindobonien) werden alle diejenigen OMM-Schichten des UG [Untersuchungsgebietes] bezeichnet, die sich durch eine mindestens basale Führung exotischer (alpiner) Gerölle auszeichnen. Mit der Graupensandgrube bei Riedern liegt glücklicherweise eine säugetierpaläontologische Typlokalität für diese Stufe im UH [Unter-Helvet] (s. STEHLIN 1914), so dass ihre Datierung gesichert ist. Es hat sich gezeigt, dass das Helvétien im UG und darüber hinaus in zwei gleichwertige Abteilungen untergliedert werden muss ...“. Die hierfür vorgetragenen Argumente besagen unter anderem: „1. Die das Helvétien kennzeichnende Schüttung alpiner Gerölle erfolgte in zwei getrennten Phasen: zwei Geröllhorizonte und ihre hangenden Begleitschichten überlagern sich häufig stratigraphisch. 2. Als Grenzhorizont zwischen beiden Zyklen beobachtet man meist eine erosiv modellierte Transgressionsfläche ...“. „3. In einigen Fällen schaltet sich sogar ein Verwitterungshorizont zwischen die Helvétienabteilungen ein ...“. „4. Die Transgression der zweiten Unterstufe des Helvétien führte ausserdem zur Aufarbeitung bereits diagenetisch verfestigter Ablagerungen des ersten Zyklus ...“.

Die auf S. 150 folgenden Darlegungen v. BRAUN's zum Unteren Helvétien seiner Ausbildung und Begrenzung gibt seine Tabelle 8 (= unsere Tab. 1) im wesentlichen wieder. „Zur Zeit des UH

transgredierte die OMM im UG am weitesten nach N und NW bis auf den Malm.“ „Die basal mit Malmschutt vermengten Grobkalke der Küssaburg (Bechtersbohl) und der sogenannte Turriltellenkalk nordwestlich Bercherhof können als typische Litoralsedimente des UH gelten. Zwischen Reutehof und Eichberg sind die Reste eines Flußdeltas aus dem UH erhalten ...“. Darin wechseln Kalknagelfluhen mit mesozoischen Komponenten aus der Schwarzwaldbedeckung mit Grobsanden der Molasse ab, die alpine Gerölle führen. Dem „transgressiven Vindobonien“ des Aargaus (s. Tab.) können am Randen und im Hegau unter anderem der Randengrobkalk „und ein Teil der von SCHALCH (1921, p. 41; 1916, p. 94, Profil d, Nr. 2) als ‘geröllführende Meeressande’ bezeichneten OMM-Vorkommen gleichgestellt werden.“ Zum Oberen Helvétien (OH) stellt der Autor (: 150-151) die „schon durch WUERTENBERGER (1870), GÖHRINGER (1915) und SCHALCH (1922) eingehend beschriebene Austernnagelfluh“ und die Melaniensande, dazu (Tabelle) die Grimmelfinger und Kirchberger Schichten. „In einigen Fällen konnten speziell das OH kennzeichnende Gerölle – analog dem aufgearbeiteten Knollenkalk in den Kirchberger-Schichten der erweiterten Graupensandrinne (HAUS 1950) – beobachtet werden.“ „Die Austernnagelfluh wurde schon früher von verschiedenen Bearbeitern durch das schweizerische Mittelland bis in die Berner Molasse verfolgt ... Charakteristisch ist die überall mit der Austernnagelfluh beginnende Aussüssung der OMM in die OSM, ein Vorgang, der auch das schwäbische Molassebecken ziemlich gleichzeitig erfasst hat: hier sind es die im Hegau beginnenden, dem OH gleichzusetzenden Kirchberger Schichten (ERB 1931, PFANNENSTIEL 1931, KIDERLEN 1931, HAUS 1950), die in die OSM überleiten.“

Diskussion

Nach v. BRAUN setzen das Helvétien und der 1. Zyklus mit einem basalen Geröllhorizont ein. Deren beider Beginn sollte jedoch an die Basis der Heidenlöcherschichten gelegt werden, wo die in Kap. F 7 a (: 27) genannten Autoren ein Basiskonglomerat mit spärlichen alpinen Geröllen erwähnen. Es besteht auch kein Anlaß, die Heidenlöcherschichten aus dem 1. Zyklus auszugrenzen, da eine fortlaufende OMM-Serie vorliegt, die Napfschüttung von der USM bis in die OSM anhielt (: 24⁷) und nach WENGER (1987: 164) die Heidenlöcherschichten als tiefes Ottwang (= tiefes Helvet in ZÖBELEIN 1985b: Tab. 1) eingestuft werden sollen. Dann rücken dorthin auch jene Schichten des „Burdigalien“ auf, die v. BRAUN in seiner Tabelle damit korreliert hat. — Ränder und Füllungen der Graupensandrinne waren seit MOOS (1925), KIDERLEN (1928; 1931) und HAUS (1951) bekannt. v. BRAUN zitiert die letzteren, hat aber den Aussagen der drei Autoren wenig Beachtung geschenkt. Sein Unteres Helvétien, sein erster Zyklus, sind die OMM-Sedimente von den Sandschiefern bis zu den Deckschichten, wozu die (nicht eigens genannten) Heliciden-Schichten sowie der Albstein bzw. Knollenmergel als Ausklang der Serie kommen. Die darin (: 141 u. Tab.) genannten „Graupensande“ werden (: 150) als „Grob sandstein“ und (Taf. IX) als „Grob sand, Graupensand“ erwähnt und entsprechen den von der NE-Schüttung beherrschten „Grob sanden“ bzw. dem „Friedinger Grob sandzug“ anderer Autoren (vgl. Kap. F 6 a: 23-25). Als „tieferer polygener Geröllhorizont“ bzw. „Polygener Geröllhorizont“ kommt das Alpine Konglomerat in Betracht. Die Bodmansande sind nach neueren Befunden zu den Sandschiefern i. w. S. als deren oberste Schicht zu stellen (SCHREINER in ZÖBELEIN 1985b: Tab. 1 und S. 218 Nr. 33; unser Kap. F 7 b). Faktisch ist der als „UH“ bezeichnete 1. Zyklus, ausgenommen die irrtümlich eingestufte Kalknagelfluh (s. unten), die OMM-Serie an den Rändern der Eigentlichen Graupensandrinne, wozu OMM-Reste in der Erweiterten Graupensandrinne kommen. v. BRAUN's Oberes Helvétien, sein 2. Zyklus, ist die Rinnenfüllung. HABICHT spricht (1987: 303) mit Bezug auf v. BRAUN von der „Graupensandrinne, die den Grosszyklus des ‘Oberes Helvétien’ einleitet“. Er verweist auf die Graupensande von Benken-Wildensbuch und die Kirchberger Schichten (zu letzteren s. HOFMANN 1987: 193-194). Die „Grimmelfinger Schichten“ (= Graupensande), die im Klettgau ihre volle Mächtigkeit erreichten (Kap. G 4), sind übrigens am Randen noch in Resten vorhanden (Kap. G 2). Die auf S. 150 als „typische Litoralsedimente des UH“ bei Küssaburg als „Grob kalke“, in der Tab. als „Kalknagelfluh“ bezeichneten Sedimente liegen in der Eigentlichen Graupensandrinne und damit im „OH“ des Autors. KIDERLEN hat bereits (1931: 304

Abb. 1, 305) mit Hinweis auf SCHALCH (1922: 81) das „Kirchberg-Delta bei Riedern“ mit seiner aus mesozoischen Komponenten bestehenden Juranagelfluh als Mündung eines von NW kommenden Nebenflusses in die Graupensandrinne erklärt. EBERHARDT betätigt (1979: 61, 62 Abb. 18, 63-64 u. Abb. 19; unsere S. 50), daß die Kalknagelfluh (der „Breccienkalk“) an der Küssaburg und die Graupensande bei Griefen in der Graupensandrinne liegen, also Oberhelvet sind. Sie könnten daher (opp. v. BRAUN) nicht mit älteren Schichten korreliert werden, da die Graupensandrinne damals noch nicht bestand. HECKEL skizziert (1983: 61 Abb. 12) die Einschaltung schräggeschichtetet Graupensande in Juranagelfluh am Westhand des Kirchberges (unsere Abb. 8: 60) und beschreibt (: 62; unsere S. 50) das Profil „an der Einmündungsstelle eines aus Norden bis Nordwesten kommenden subjurassischen Flusses in die Graupensandrinne.“ SCHOBER verweist (1989: 87; unsere S. 55) auf Einschlüsse von Turritellenkalk-Bruchstücken und „abgeschwemmten‘ Heliciden-Mergeln“ im Breccienkalk der Küssaburg, weshalb er ihn in sein BM (oberes Otnangium/tieferes Karpatium) stellt (unsere Tab. 3: 51).

v. BRAUN schreibt (1954: 150), daß „ein Teil der von SCHALCH (1921, p. 41; 1916, p. 94, Profil d, Nr. 2) als ‘geröllführende Meeressande’ bezeichneten OMM-Vorkommen“ dem Randengrobkalk gleichgestellt werden können. Das trifft nicht zu. SCHALCH hat (1916: 94) das Profil des Altdorfer Bruches bei den „Sandkalcken mit *Pecten Herrmannseni*“ behandelt. KIDERLEN (1931: 247) bespricht das Profil SCHALCH's (1916: 94) und verweist auf das benachbarte, gleiche Profil NE Wiechs am Randen (1931: 360 Nr. 5). Beide Aufschlüsse, unten mit „Werkstein (mariner muschelreicher Sandstein)“ und oben mit Heliciden-Schichten und Albstein, liegen demgemäß in der nordwestlichen Randfazies. Nur auf die Sandkalke dieser Schichtfolgen haben SCHALCH (1916: 94) und KIDERLEN (1931: 247) ihre Korrelierungen bezogen. Davon getrennt hat SCHALCH (1916: 98 ff.) seine „geröllführenden Meeressande“ behandelt (unser Kap. G 2 c). ERB hat (1931: 20-21; unser Kap. G 2 d) mit Bezug auf SCHALCH (1881) festgestellt, daß die Citharellen- und Sandkalke mit *Pecten Herrmannseni* [helvetischen statt „burdigalen“] Meeressmolasse gehören, dagegen die „Meeressande mit Geröllen, Austern und Fischzähnen“ ... den helvetischen Graupensanden gleichzusetzen“ sind (Wiedergabe in SCHREINER 1983: 16). Die geröllführenden Meeressande bezeichnet KIDERLEN (1931: 272) im Hinblick auf SCHALCH (1895: 200 ff.) als Grimmelfinger Schichten. SCHALCH's „geröllführende Meeressande“ sind also (opp. v. BRAUN) keine „UH“ und auch nicht zum Teil dem Randengrobkalk korrelat. SCHALCH spricht (1921: 37 ff.; 1922: 76 ff.) statt von „geröllführenden Meeressanden“ von „Austernnagelfluh“ (unser Kap. G 3 d und e). Deren konglomeratische Fazies wird bei Riedern und Benken durch „Wirbeltierreste führende Meeressande (Glassande) mit Geröllen“ (= Grimmelfinger Graupensande) abgelöst (1921: 40 ff.; 1922: 79 ff.). Die Austernnagelfluh geht in die Melaniensande über (die v. BRAUN's Tabelle nicht aufweist), indes die Graupensande diskordant von Kirchberger Schichten überlagert werden (unsere Abb. 4: 12 zu Nr. 4). Die Rinnen-Austernnagelfluh ist jünger als die austernführenden Schichten der Rinnenumrandung und als die Austernnagelfluhen der Schweiz (Kap. K 6: 85; L 2: 88). Nur die Kirchberger Schichten und die Melaniensande leiten zur OSM über. — Vergleiche die unterschiedliche Stratifizierung in den Tabellen v. BRAUN's und SCHOBER's (unsere S. 44 und 51).

(g) EBERHARDT berichtet (1979), daß die Untere Süßwassermolasse hauptsächlich vom Schutt-fächer „des Napf (zwischen Bern und Luzern)“ stammt (: 53 ff.); [Napf-Fächer = Ur-Aare-Fächer, unsere S. 25⁷]. „Bezüglich der Herkunft des Karbonatanteils ist wohl an die im N und NW anstehenden Kalke des Weißen Jura zu denken.“ „Die USM keilt SW-NE streichend, etwa entlang der Linie Reckingen-Riedern aus [vgl. v. BRAUN 1953: Taf. VIII]. Nach SE wird sie rasch mächtiger: Bei Lienheim 50 m, beim Bercherhof 70 m, bei Eglisau über 350 m. Die Mächtigkeitzunahme hat tektonische Ursachen, nämlich das synsedimentäre Einsinken des Molassetroges.“ „Die USM umfasst im Gebiet von Schaffhausen höheres Chatt [vgl. *Wenzia ramondi*, : 41¹¹] und Aquitan (HOFMANN 1967 [a], S. 185). Das ist auch für den Klettgau anzunehmen.“ — Obere Meeressmolasse (OMM) und Brackwassermolasse (BM) (: 55 ff.): Nach dem Aussüßen des Helvetmeeres mit den Deckschichten und der Expositionsbildung des Albsteins persistierte südlich der Albsteinschwelle „noch ein schma-

les, brackisches Becken ('Süßbrackwassermolasse'; SCHREINER, 1970, S. 62 [63]). Die Brackwassermolasse umfaßt damit das Geschehen von den Deckschichten bis zum Einsetzen der Oberen Süßwassermolasse (OSM). „Etwa zur Zeit der Albsteinbildung“ wurde die Graupensandrinne durch einen von der 'Böhmischen Masse' kommenden Fluß ausgeräumt und anschließend wieder verfüllt, basal mit Grimmelfinger Schichten, deren grobkörnige Fazies als Graupensande bezeichnet werden. „Nach einer Erweiterung der Rinne nach S erfolgte die Verfüllung unter marinen bis brackischen Bedingungen (Kirchberger Schichten), bis sich im Torton endgültig festländische Verhältnisse durchsetzten (OSM).“

Auch im Klettgau sind zwischen USM und OSM „marine Schichten“ eingeschaltet: Austernagelfluh, Melaniensande und Graupensande (: 57). „Südlich des Rheins bildet nicht mehr die USM das Liegende der Austernagelfluh, sondern glaukonitischer Sandstein. Er zeigt Einschaltungen von Muschelsandstein, die sich nach N hin (aber noch linksrheinisch!) bei Rüdlingen und Zweidlen [: 65: „S Jestetten“; 1,8 km SSW Rheinfelden, s. v. BRAUN 1953: Taf. VIII] mit Grobsand verzahnen. Dieser Grobsand ist aber identisch mit dem Grobsand des Friedinger Schloßberges (HOFMANN, 1967 [a], S. 189), der Übergangsfazies der OMM ... Er läßt sich durch Verzahnung mit den Sandschiefern der Beckenfazies und dem Randengrobkalk der Randfazies zeitlich einordnen.“ Die darin eingeschalteten Graupensande stimmen bestands- und herkunftsmäßig mit jenen der Graupensandrinne überein. „Mit dem Grobsand zeitgleich sind die Muschelsandsteine im Aargau und die obere Seelaffe bei St. Gallen-Rorschach (HOFMANN, 1967 [a], S. 190). Hier sehen wir also schon in der OMM einen marinen Vorläufer der späteren Graupensandrinne“ (: 57). — Die meist um 10 m mächtige Austernagelfluh“ (: 57 ff.) besteht aus kristallinen Geröllen bis 20 cm Ø und sedimentären Geröllen bis 80 cm Ø, deren Bestand EBERHARDT (: 58) vorwiegend nach WÜRTEMBERGER (1870: 511 ff.) tabellarisch leicht verändert wiedergibt [s. auch die Geröllanalysen bei SCHALCH 1881: 54 ff.; 1914: 710 ff.; unser Kap. I]. „Die sedimentären setzen sich vor allem aus Jurakalken und weniger häufigem Muschelkalk zusammen.“ Sie „werden auf der Südseite des Kleinen Randen deutlich weniger und kleiner und sind in der Schweiz nur noch untergeordnet vertreten, ja fehlen zum Teil nahezu ganz. Ihr Herkunftsgebiet ist der NW gelegene Südschwarzwald mit seiner mesozoischen Bedeckung“; einige Gesteinsarten zeugen von einer Ausbildung in westschweizerischer Fazies“ (: 57). Die häufig über 50 cm großen Gerölle mit stets vorhandener Rundung lassen auf einige Zehnermeter tief eingeschnittene Täler im Liefergebiet und ein starkes Gefälle schließen. „Gelegentlich erscheinende, von Pholaden angebohrte, große Oxford-Kalke stammen wahrscheinlich vom Kliff, das KIDERLEN (1931, S. 256) im Bereich der Wutach annimmt. Die Quarzitnagelfluh, also der kristalline Anteil der Austernagelfluh, entstammt ... dem Napf-Fächer“ (: 58; Hinweis auf HOFMANN 1967 [a]: 199) [der auch (1967a: 191, 193; 1978: 6 Fig. 4, 7; 1987: 20) „Austern- oder Quarzitnagelfluhen“ bzw. „Quarzitgeröllhorizonte (Austernnagelfluhen)“ behandelt]. EBERHARDT verweist (: 59) auf einige, bei SCHALCH (1922: 79) aufgezählte Austernarten und bemerkt: „Da Austern nur auf Hartgründen im Bewegtwasserbereich siedeln, muß man sich die Austernagelfluhschüttungen zyklisch vorstellen: nach Geröllschüttungen folgten Zeiten ohne Sedimentschüttung, in denen sich die Austern ansiedeln konnten.“ — Die von WÜRTEMBERGER (1870: 521) benannten Melaniensande sind 12-20 m mächtig (EBERHARDT: 59). Sie treten stets gemeinsam mit der Austernagelfluh auf. „Ungefähr entlang der Linie Horn (S Geißlingen)–Alkenhof (E Küsnach)–Lache (E Reckingen) keilen sie aus, bzw. sind W davon nur äußerst lückenhaft verbreitet ... Da vorher bereits die USM ausgekilt ist, sitzt die Austernagelfluh-Basis im NW zunächst dem Oberjura auf, bevor weiter südlich die USM das Liegende bildet. Auch jenseits des Rheins nimmt die Mächtigkeit wieder ab: HOFMANN (1967b [c], S. 6) gibt auf Blatt Andelfingen S Schaffhausen eine Mächtigkeit von 2 m für die Austernagelfluh, von 15 m für die hangenden Feinsande an. Die Basis der Austernagelfluh zeigt typisch erosiven Charakter mit Aufarbeitungen und Diskordanzen (HOFMANN, ebd.; BRAUN, 1953 [1954], S. 150). Das beweist, daß Austernagelfluh und Melaniensande Rinnenfüllungen vorstellen. HOFMANN (1967 [a], S. 199) spricht von einer marinen Rinne, die sich erst in der westlichen Schweiz zum dort noch existierenden offenen Meer weitete“ (: 60). — Die Graupensande charakterisiert der Autor (: 60-61) hinsichtlich

ihrer Bestandteile und deren Größen nach HELING (1966) und ihrer Schwerminerale nach HOFMANN (1967a: 197, 199). Er gibt SCHALCH's Profil der Sandgrube am Kirchberg W Riedern (1922: 80) und dessen Fossilangaben (1922: 81 ff.) wieder. Wie dieser folgert er: „Die zahlreichen Haifischzähne belegen eindeutig, daß die Glassande hier mariner Natur sind. Die Landsäuger wurden vom Festland eingeschwemmt.“ — Stratigraphie von Austernagelfluh, Melaniensanden und Graupensanden (: 61 ff.): Bei Riedern und Benken finden sich laut HOFMANN (1967a: 197) Gerölllagen der Quarzitnagelfluh [= Austernnagelfluh] in den Graupensanden, bei den Reutehöfen (unsere Abb. 8: 60) Ausläufer der Riedener Graupensande zwischen der Austernagelfluh (SCHALCH 1922: 84) 0,5 km westlich der Riedener Graupensandgrube liegen nach den [ungefähr ähnlichen] Profilen von SCHALCH (1922: 81) und KIDERLEN (1931: 305) unter Austernnagelfluh 3,5 m Graupensande und dann 8 m kristallinfreie Juranagelfluh auf Oberjura, im unteren Bereich mit Lagen von Graupensand. „Hier haben wir die Mündung eines von NW kommenden Flusses mit Juranagelfluh-Geröllen vor uns [; 62 Abb. 18]. Das Mündungsgebiet erstreckte sich noch weiter nach W bis südlich Geißlingen, was durch die, dort der Quarzitnagelfluh reichlich beigemengten Muschelkalk- und Oberjura-Gerölle angezeigt wird. Mit den o.a. Sachverhalten ist die Verzahnung von Austernnagelfluh und Graupensanden, also ihre Gleichzeitigkeit, bewiesen. Jetzt lassen sich aber auch zwanglos die Melaniensande mit den Kirchberger Schichten parallelisieren“ (: 61).

Diskussion

Die Graupensandrinne wurde nicht „Etwa zur Zeit der Albsteinbildung“, sondern erst danach ausgeräumt (s. unsere Abb. 4: 12). Nach EBERHARDT (: 55) persistierte „Südlich dieser Albsteinschwelle ... noch ein relativ schmales, brackisches Becken („Süßbrackwassermolasse“; SCHREINER 1970, S. [63].“ SCHREINER hat (briefl. Mitt.) die SBM „südöstlich von Blatt Konstanz“ auf LEMCKE & a. (1953) bezogen. Da deren Bohrungen außerhalb der Graupensandrinne liegen, können diese brackischen Einlagerungen nur aus der südlich gelegenen brackischen Depression stammen, der auch die Hydrobien von Baitenhausen angehören (s. ZÖBELEIN 1985b: 227 Tab. 2; 1994: 87²⁸). Die Ansicht von HAUS (1952: 28), daß der Albstein südlich der Albsteinplatte „in eine beckeneinwärts anwachsende Folge von Süßwasserschichten“ übergeht, ist also zu revidieren (vgl. HAUS 1951: 62). Gegen EBERHARDT's vermeintliche „Gleichzeitigkeit“ von Austernnagelfluh und Graupensanden spricht, daß letztere unter der ersteren liegen und daß den tieferen Teillen der Jüngeren Juranagelfluh noch Graupensandlagen eingeschaltet sind. Der Graupensandfluß, welcher die Graupensande von NE (Nordostbayern) her transportiert hat, muß hier also noch (gegen SW zu) geflossen sein. Er hat wohl auch durch Erosion den Raum für die nachfolgende, bis 10 m mächtige, auf Weißjura liegende Juranagelfluh geschaffen. Weiteres zu Korrelationen in Kap. H 1 h. Daß Austern nur auf „Hartgründen im Bewegtwasserbereich“ während zyklisch unterbrochener Nagelfluhschüttungen siedelten, ist hier nicht einschlägig. Solche Hart-(Stein-) Gründe sind in der Molasse und speziell in der Graupensandrinne selten. Austern-Schalen kommen auch in weichen Sedimenten einzeln oder in Nestern und Bänken in der „Austernnagelfluh“ vor (SCHOBER 1989: 78). SCHOBER hat (: 78/79) in der Austernnagelfluh keine an Geröllen aufgewachsene Austern festgestellt, doch (: 64) solche auf Weißjura-Kalken in den „Geröllführenden Sanden“ und (: 83) und in den „Kliffbildungen des Austernnagelfluh-Meeress“ (Stratigraphie s. unsere Tab. 3: 51). Die Fragen betreffs der „Hartböden“, der aufgewachsenen Austern sowie der mehrfach angenommenen „schlechten Lebensbedingungen“ erübrigen sich, da ein Molassemeer in der Graupensandrinne nie bestand und die Austern in die Rinnenfüllung eingeschwemmt wurden (Kap. K I 6).

(h) HECKEL faßt (1983: 46 ff.) OMM und „BM (Brackwassermolasse)“ als „Obere Meeresmolasse“ zusammen. Er bemerkt (: 47) dazu u. a.: „Im Hegau-Bodenseegebiet muß man von NW nach SW [lies SE] mindestens 3 Faziesräume der OMM voneinander abtrennen: 1. von der 'Klifflinie' bis zum Nordwestrand der Graupensandrinne die geringmächtige Randfazies; 2. die Graupensandrinne i. w. S. mit dem Grobsandzug und schließlich 3. die Beckenfazies im Südosten, vor allem im westlichen Bodenseegebiet (vgl. dazu Abb. 9). Die Beckenfazies mit Mächtigkeiten um 180 m zeichnet sich

durch zwei marine Zyklen aus (vgl. Tab. 5)“ (= unsere Tab. 2). „Den Abschluß des 2. Zyklus bildet nach Regression des Molassemeeres ... der sog. Albstein“ (: 47), der aber (Tab.) nicht mehr zum 2. Zyklus zählt. „In den Sandschiefern kommt ein geringmächtiger, grobkörniger, muschelschillführender Muschelsandstein vor (SCHREINER, 1970, S. 52 f.).“ „Interessanterweise gibt es in den Helicidenmergeln (siehe Tab. 5) Spuren von vulkanischen Aschen unbekannter Herkunft (Vorläufer des obermiozänen Hegauvulkanismus ?), die über den Klettgau (im Brekzienkalk der Küssaburg vorkommend, HOFMANN, 1961, S. 135) bis in den baslerischen Tafeljura verfolgt werden können.“

Tab. 2 (= HECKEL Tab. 5, „Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse im Hegau und westlichen Bodenseegebiet (nach SCHREINER, 1970, S. 35, sowie geändert nach GEYER & GWINNER, 1979, S. 95)“

EPOCHEN	MIO. JAHRE	STUFEN		LITHO-STRATIGRAPHIE	BESONDERHEITEN	
		Obere Gliederung	Untere Gliederung			
P L I O Z Ä N	3.4	Deiulus	Deiulus			
	4.3	Paraceras	Paraceras			
	10.3	Sarmatian	Sarmatian			
	12.3			OBERE SÜDSHLESIEN-POLASSIC	Jüngere Juraagelfluh: Nördl. Sandsteine und Konglomerate (bis 120 m)	
	16.3			OBERE SÜDSHLESIEN-POLASSIC		
	M I O Z Ä N			Barrois	Brackwasser- u. etc. Juraagelfluh	Polacanthus 10-25 m Austernagelfluh 2-5 m Graupensandstein 0-25 m
		17.3			BRACKWASSER-POLASSIC	
					OBERE SÜDSHLESIEN-POLASSIC	
	O L I G O Z Ä N		Helvetium			Geröllführende Sande 0-10 m Schieferungs- 0-3 m Muschelsandsteine 0-3 m Quarzitagelfluh 0-5 m (*12 m)
				Ötztalium		Terrillimale 0-1.4 m Schieferungssteine 0-0.3 m Basaltkonglomerat 0-0.3 m
19		Bardigalium	Eggenbergium			
22.3						
M I O C Ä N	24	Antennarium	Egerium	UNTERE SÜDSHLESIEN-POLASSIC	Unter Nördl. und granitische Sande der Beckenfazies 0-140 m	
		Chattium				
	28.3					
	31.3					

HECKEL gliedert in seiner Abb. 9 (: 49) die „Faziesräume der Oberen Meeresmolasse (einschließlich Süßbrackwassermolasse) im Hegau-Klettgau-Bodenseegebiet (nach HAUS, 1951, S. 49)“ von NW nach SE in die „Verbreitungsgebiete“ I-V. Dabei sind Nr. I die Randfazies der OMM, II die Sedimente der Graupensandrinne, III der Grobsandzug, IV die Sedimente der Erweiterten Graupensandrinne und V die Beckenfazies. [HAUS ordnet aber von SE nach NW (s. unsere Abb. 3) die „Sedimentationsbereiche“ I-IV und SCHREINER (1970: 49 Abb. 10) die „Fazieszonen“ I-V an. Über den Verlauf des SE-Randes der Erweiterten Graupensandrinne bei Rengetsweiler (statt „Regetsweiler“) s. unser Kap. F 4 und Abb. 5: 20].

„Südlich des Rheins in der Gegen von Andelfingen-Rüdlingen-Tössegg-Rorbas beginnt über der USM die Sedimentation der Oberen Meeresmolasse mit einem glaukonitischen Sandstein“ [= Heidenlöcherschichten]. Er „leitet sich vom Napfschuttfächer (‘Ur-Aare’) und weiter westlich ins Meer mündender Flüsse ab, deren Sedimente durch Meeresströmungen weit nach Osten verfrachtet wurden“ (: 50). Der Muschelsandsteinhorizont innerhalb des Glaukonitsandsteins ist mit Grobsandlagen verknüpft, die u. a. bei Tössegg und Zweidlen-Weiach auftreten (v. BRAUN 1953 [1954]: 149). Dieser Grobsand ist aber mit dem Grobsand des Friedinger Grobsandzuges identisch (HOFMANN 1967a: 189 ff.). „Damit haben wir zugleich eine zeitliche Korrelation der nordostschweizerischen Bildungen mit denen des Hegau-Bodenseegebietes“ (: 50). Die Austernagelfluh (: 51 ff.) unterscheidet sich gegenüber den anderen tertiären und quartären ‘Nagelfluhen’ durch die Größe und Zusammensetzung der Gerölle und das hell-sandige, oft glimmerige Zwischenmittel, gegenüber der Jüngeren Jura-nagelfluh der OSM durch den geringeren Konglomeratisierungsgrad. Die Grenze der Austernagelfluh

gegen die USM ist nirgends aufgeschlossen. „BRAUN (1953, S. 150) stellt bei Zweidlen (SE Hohen-
tengen) eine deutliche Winkeldiskordanz zwischen Grobsand und Basis der Austernagelfluh fest.“
HECKEL bespricht den Geröllbestand der Austernagelfluh nach WÜRTEMBERGER (1870: 511) [s.
auch SCHALCH 1881: 54 ff.; 1914: 710 ff.; EBERHARDT 1979: 58], die wegen ihres hohen Anteils
an Quarzen und Quarziten auch „Quarzitnagelfluh“ genannt wird [s. HOFMANN 1987: 20-21].
HECKEL erwähnt daraus (: 53) „gelegentlich stark zertrümmerte Austernschalen“ und angebohrte
Kalkgerölle. Die 10-12 m mächtige Austernagelfluh erscheint „in zwei schmalen Bändern, einem
nördlichen (vom Birnberg über Kätzler-Kirchberg bis Kaiserhof) und einem südlichen, das durch
leichtes Einfallen der Austernagelfluh-Schichten etwas tiefer erscheint (von Bergöschingen über
Bruck, Alter Berg, Stetten bis zur schweizerischen Grenze verfolgbar).“ HECKEL folgert (: 53 ff.),
„daß aus Rinnen mit verschiedenen Herkunftsgebieten Geröllmaterial in eine große marine Austernna-
gelfluh-Rinne geschüttet wurde, die das Geröll nun vermischte und weiter nach Nordosten transpor-
tierte.“ Die großen, gut gerundeten sedimentären Gerölle weisen auf eine flache marine Rinne und
eine starke Meeresströmung, die Einlagerung von Sandlagen und die Austern, „die auf Hartgründen
siedelten“ [vgl. EBERHARDT 1979: 59; Diskussion zu Kap. G 3 g], auf einen Wechsel von ruhigem
zu unruhigem Transport hin. Die 12 bis 20 m mächtigen Melaniensande (: 54 ff.) folgen in einem
kontinuierlichen Übergang über der Austernagelfluh (: 59 Abb. 10, verlassener „Steinbruch“ 400 m
NW Kaiserhof, s. unsere Abb. 8). HECKEL verweist (: 55) auf die Fossilangaben und Faziesbeurtei-
lung von WÜRTEMBERGER (1970: 521 ff.; unser Kap. G 3 b) und schließt (: 56): „Wir befinden uns
damit im letzten Abschnitt der OMM-Zeit, wo sich das Meer immer mehr aus dem nordschweizeri-
schen-klettgauischen Molassebecken zurückzog, noch kurze Zeit brackische Sedimente hinterließ,
ehe endgültig fluviatilen und terrestrischen Ablagerungen Platz gemacht wurde.“ Die Graupensande
(: 56, 58) und ihr Schichtverband waren bei Riedern am Sand [unsere Abb. 8 Nr. 1: 60] im NW-Teil der
Grube etwa 20 m mächtig, im SE-Teil (: 60 Profil Abb. 11) 5,5 m mächtig aufgeschlossen. „Hier ver-
zahnen mit scharfer Winkeldiskordanz ... die liegenden Graupensande mit der hangenden Austernna-
gelfluh. In den oberen Partien der Graupensande kommen gelegentlich schon die gleichen Gerölle vor,
wie sie in der hangenden Austernagelfluh anzutreffen sind. Im Hangenden der Austernagelfluh fol-
gen mittelfeine, glimmerführende Sande, die mit Graupensanden lose oder leicht verbacken vorkom-
men“ (: 58, s. Profil: 60 Abb. 11). „Es dürfte sich hier um die Melaniensande handeln, die ... bereits
mit den Graupensanden verzahnen“ (: 62, 65 Nr. 6). Der Aufschluß an der „Südwestseite des Kätzler-
Kirchberges“ = „Westhang des Kirchberges“ (: 56, 61 Abb. 12, 62) [unsere Abb. 8 Nr. 2] liegt etwa im
gleichen Niveau. Dort werden 2 m mächtige, schräg-, mitunter auch kreuzgeschichtete Graupensande,
deren Schrägschichtung ein Einfallen nach S bis SW zeigt, von Juranagelfluh unter- und überlagert.
Die Juranagelfluh besteht aus sedimentären Geröllen; alpine Anteile und Austern fehlen. „Wir befin-
den uns hier an der Mündungsstelle eines aus Norden bis Nordwesten kommenden subjurassischen
Flusses“, der zwischen Griesen und Riedern in die Graupensandrinne mündet. In seiner Zusammen-
fassung (: 62 ff.) behandelt der Autor u. a. das Verhältnis Graupensande/Austernagelfluh und Mela-
niensande/Kirchberger Schichten (s. unser Kap. H 1 i). Er verweist dabei auf WÜRTEMBERGER's
Profil (1870: 487 Nr. IX) bei Reutehöfe an der NE-Seite des Birnbergs [unsere Abb. 8 Nr. 3], „in dem
ebenfalls Graupensande und Austernagelfluh gemeinsam vorkommen.“ „Der Graupensandfluß mün-
dete bei Schaffhausen in das schweizerische Molassemeer, das zu dieser Zeit noch existierte.“
„Austernagelfluh und Melaniensande werden auf Grund von Feldbeobachtungen und nach eingehenden
Literaturstudien in die Zeit der Ablagerung der Grimmelfinger Graupensande und Kirchberger
Schichten und damit in das obere Burdigalium gestellt“ (: 65, 63).

Diskussion

HECKEL bringt in seiner Tab. 5 (unsere Tab. 2) die Stratigraphie „(nach SCHREINER 1970, S.
35).“ SCHREINER hat die bisherige stratigraphische Terminologie der süddeutsch-schweizerischen
Molasse verwendet, die HECKEL „(nach GEYER & GWINNER, 1979, S. 95)“ ändert. Infolgedessen
umfaßt sein „Burdigalium“ die ganze Schichtfolge zwischen der USM und OSM, also die OMM samt

der „BM“. Dieses „Burdigalium“ ist jenes der mediterranen Tethys, indes für die behandelten Schichten die Terminologie der Zentralen Paratethys einschlägig ist (vgl. ZÖBELEIN 1983: 175 Tab. 2, Spalten i, j, opp. h; 1991: Tab. 1; SCHOBER 1989: Tab. 8 = unsere Tab. 3). Deshalb kann man z. B. auch nicht von einem „Zurückweichen des oberburdigalen Meeres“ aus dem Untersuchungsgebiet (: 65) sprechen. STEHLIN hat (1914: 189, 190) die Säuger aus den Graupensanden in das „Untere Vindobonien“ des Wiener Beckens eingestuft, das vom „Burdigalien“ (: 187) unterlagert und vom „Oberen Vindobonien (obere Süßwassermolasse)“ (: 190) überlagert wird. Auch bei MOOS (1925: 221, 227) stehen die Grimmelfinger Schichten am Beginn des „älteren Vindobon (= II. Mediterranstufe)“, im Helvetium laut KIDERLEN (1931: 226). — Die Bodmansande betrachtet SCHREINER jetzt als oberste Sandschiefer i. w. S. (s. ZÖBELEIN 1985b: 218 Nr. 33; unser Kap. F 7 b).

(i) SCHOBER (1989) hat die Ablagerungen im Gebiet der GK 25 Nr. 8316 Klettgau und 8416 Hohentengen am Hochrhein neu kartiert und, auch sedimentologisch, bearbeitet. Seine Untersuchungen dieses Gebietes sind die umfassendsten und auch stratigraphisch wie paläogeographisch bedeutsam.

Tab. 3 (= SCHOBER 1989: Tab. 8, „Gliederung der Tertiärablagerungen auf Blatt Klettgau/Hohentengen. Senkrechte Schraffen = 'Intramolassische' Schichtlücke, Erosion etc. Die Zeitskala wurde aus STEININGER & a. (1976: Tab 1) übernommen.“

EPOCHEN	MIO. JAHRE	STUFEN		LITHO-STRATIGRAPHIE	ABLAGERUNGEN AUF BLATT KLETTGAU/HOHENTENGEN
		alte Gliederung	neue Gliederung		
PLIOZÄN	5,4	Dacium	Dacium		
	6,5	Pontium	Pontium		
	10,5	Pannonium	Pannonium		
	12,5	Sarmatium	Sarmatium		
	16,5	Tortonium	Bacanium	OBERE SÜSSWASSER-MOLASSE OSM	Jüngere Juranagelfluh: Mergel, Sandsteine und Konglomerate (bis 120 m)
	17,5	Helvetium	Karpatum	BRACKWASSER-MOLASSE	Breccienkalk, etc. Melanensande 10-25 m
				BM	Mittlere Juranagelfluh 2,5-8 m
					Graupensande 0-20 m
	19	Burdigalium	Eggenburgium	OBERE MEERESKLASSE	Geröllführende Sande 0-10 m
					Schiefermergel 0-1 m
Muschelsandstein 0-0,5 m					
Quarzitnagelfluh 0-5 m (712 m)					
22,5	Aquitanium	Egerium	OMM	Turratellenkalk 0-1,4 m	
				Schweifensandstein 0-0,3 m	
OLIGOZÄN	24	Chattium		UNTERE SÜSSWASSER-MOLASSE USM	bunte Mergel und granitische Sande der Beckenfazies 0-140 m
	28,5	Rupelium			
	34	Ludorfium			
	37,5				

Deswegen und weil sie noch nicht veröffentlicht sind, werden sie eingehender besprochen. SCHOBER zieht die unter G 3 a bis G 3 g genannten Befunde in Betracht, erwähnt aber nicht G 3 h. Die Besprechung folgt der Gliederung SCHOBER's (s. unsere Tab. 3: 51).

Zur Oberen Meeressmolasse schreibt der Autor u. a. (: 59 ff.), daß der Bereich des Klettgaus während des Otnangiums von SW her zunehmend von einem Flachmeer überflutet wurde. „Die marinen Ablagerungen dieses Zeitraums (OMM) wurden im Blattgebiet zum großen Teil durch die im oberen Otnangium erfolgte Ausräumung der Graupensandrinne und der anschließenden Sedimentation der Austernagelfluh wieder entfernt.“ Relikte der OMM sind in erste Linie entlang des Kleinen Randen erhalten geblieben. Er nennt von dessen S-Abfall Vorkommen bei Kohlgruben und Möser ENE Reckingen, Sandhof NNW Lienheim, Juckenberg zwischen Lienheim und Bergöschingen und Bitze (375 m SSE Bergöschingen); vom N-Abfall bei Kätzler SE Griefsen und Häuserhof SE Bergöschingen.¹² SCHOBER unterteilt (: 59) die OMM in einen 1. und 2. Zyklus. (Über OMM-Zyklen siehe unser Kap. F 10, über Fazieszonen Kap. F 1 Abb. 3).

Laut briefl. Mitt. von Herrn SCHOBER fußen die Einstufungen der BM ins höhere Otnang/tiefere Karpat „in erster Linie auf den bei LEMCKE (1984: 378, 383; 1988: 42, 43), BÜRGISSER (1981: 152-153) sowie bei STEININGER & a. (1976) genannten Argumenten und Angaben.“ — Jüngst teilte Herr SCHOBER folgende Änderungen seines Manuskriptes mit: Statt „Muschelsandstein“ soll im 2. Zyklus der OMM (auch: 59, 63) „Grobsandstein“ stehen, „da sonst Verwechslungen mit dem Muschelsandstein des 1. Zyklus nicht auszuschließen sind.“ Im Text soll die Bezeichnung „subjurassische Gerölle“ durch „nicht alpine Gerölle“ ersetzt werden.

Den 1. Zyklus der OMM bilden die Schichten unter der Lücke in der OMM, den 2. Zyklus die darüber bis zur BM-Sohle. Ablagerungen des 1. Zyklus (: 60 ff.) sind im Blattgebiet nur noch im Bereich des Juckenberges [ca. 2 km] SW Bergöschingen erhalten geblieben. Das Basiskonglomerat besteht aus Quarz-, Quarzit- und Hornsteingeröllen in einer sehr feinen Sandsteinmatrix. Der Streifensandstein führt oben massenhaft Austern und leitet kontinuierlich in den Turritellenkalk über, eine grobsandige Lumachelle aus Schalen, Schalenrümern und Steinkernen von marinen Mollusken, Balaniden, calcitischem Bindemittel, stark glaukonitischem Quarzsand und etwas Feinkies. Letzterer ähnelt den Graupensanden und führt vereinzelt Lydite, dürfte daher wie diese von NE herangeführt worden sein. Die Fauna (: 61; aus WÜRTEMBERGER 1870: 519-520) stimmt weitgehend mit jener des Randengrobkalkes und des Tenniker Muschelagglomerates im Kanton Baselland [= Äquivalent des Randen-Grobkalks laut HOFMANN 1987: 275, 339 ff.] überein. Turritellenkalk und Randengrobkalk gehören zur nordwestlichen Randfazies und zum unteren Otnangium. — Die Schichtlücke (Erosionsfläche) zwischen den beiden Zyklen zeigt sich (: 61) in der Überlagerung der schlottartigen Oberfläche des Turritellenkalks durch Melaniensande, in der nahezu völligen Entfernung des Turritellenkalks im Blattgebiet, dessen Reste sich im Breccienkalk der Küssaburg wie in der Austernagelfluh finden, und daß dort, wo die Schichten des 1. Zyklus entfernt wurden, jene des 2. Zyklus durchweg auf USM auflagen (Mitt. von Herrn Schober). Auf USM liegen beispielsweise die Quarzitnagelfluh in Abb. 24 und die Schiefermergel in Abb. 25. — Von den eingangs genannten 7 OMM-Vorkommen gehören 6 zum 2. Zyklus. Weitere Aufschlüsse im 2. Zyklus führt der Autor bei den dort folgenden Schichtbeschreibungen an. Dabei wird eingehend das Vorkommen vom Gewinn Möser ENE Reckingen [a. Rh., In den Mösern, 2 km W Lienheim] behandelt (: 59, 62-65, Abb. 24), daneben jenes vom Sandhof (1 km NW Lienheim, Abb. 25) und jenes vom Gewinn Bitze 750 m SE Bergöschingen (: 63, Abb. 26). Das Ursprungsgebiet der Quarzitnagelfluh dürfte in penninischen bis unterostalpinen Decken im Gebiet des heutigen Wallis gelegen haben (SCHOBER: 62 ff. nach

¹² Zum „Kleinen Randen“, der auch auf den S. 59, 74-77 genannt wird, teilt Herr SCHOBER auf Anfrage mit: „Als Kleinen Randen – auch Südranden, Klettgauer Randen oder Klettgauer Berge genannt – bezeichnet man den zwischen Klettgauer Tal und Hochrhein bzw. Rafzer Feld gelegenen Höhenzug, dessen Sockel von Weißjura-Kalken gebildet wird. Er kann somit im weitesten Sinne als westlichster Anläufer der Weißjura-Schichtstufe der Schwäbischen Alb gelten. Vom eigentlichen (Großen) Randen ist er durch den Durchbruch der Engi bei Schaffhausen abgetrennt; im SW reicht er bis zur Linie Küssaburg-Reckingen.“ — EBERHARDT hat (1979: 57) den Kleinen Randen bei der Besprechung der sedimentären Gerölle in der Austernagelfluh genannt. HOFMANN erwähnt (1987: 194) den „Klettgauerberg (Südranden)“ bei den Kirchberger Schichten.

SPECK 1953: 61). Sie besteht aus 97 % alpinen Geröllen des Napf-Schuttfächers und 3 % subjurassischen Weiß- und Braunjura-Geröllen. Die Matrix ist ein Mittelsand mit ca. 25 % Kalkgehalt. Austern konnten nicht festgestellt werden. Die Einschaltung subjurassischer, z. T. sehr großer Gerölle aus der mesozoischen Bedeckung des Schwarzwaldes, z. B. eines Braunjura-Gerölls von 65 cm Länge und 45 cm Höhe, „kann als Hinweis auf die Herausbildung nordwestlicher Zufuhrrinnen angesehen werden, wie sie verstärkt während der Zeit der Brackwassermolasse im Bereich SE Grießen auftreten. Die Quarzitnagelfluh dürfte zeitlich dem Alpinen Konglomerat im Hegau bzw. dem basalen Geröllhorizont der Baltringer Schichten entsprechen“ [vgl. ZÖBELEIN 1985b: 213 Nr. 12 im 1. Profil, 220 Nr. 41 im 4. Profil]. Für diesen Geröllhorizont sind in der deutschen und schweizerischen Literatur folgende Namen gebräuchlich: „Polygene Nagelfluh bzw. polygenes Konglomerat, Quarzitnagelfluh, Austernnagelfluh, Napf-Nagelfluh und Alpines Konglomerat.“ „Die Bezeichnung Austernnagelfluh sollte allerdings für diesen Geröllhorizont nicht mehr verwendet werden, da sonst Verwechslungen mit der jüngeren Austernnagelfluh der Brackwassermolasse nicht auszuschließen sind“ (: 63). Der kreuzgeschichtete Muschelsandstein (: 63 ff.) enthält massenhaft kleine Schalen und Schalenrümpfer von Muscheln (hauptsächlich juvenile Austern) und häufiger ebenfalls Bryozoen. Er kann nicht mit dem Muschelsandstein des 1. Sedimentationszyklus parallelisiert werden. Die Sandsteinplatten der Schiefermergel führen reichlich kleine Muscheln (juvenile Austern) wie im Muschelsandstein. Die Geröllführenden Sande enthalten örtlich Glaukonit und geringmächtige Sandsteinbänke mit kleinen Austernschalen. Im basalen Bereich wittern gut gerundete, z. T. allseitig angebohrte Weißjura-Gerölle aus, auf denen und auf Bruchstücken davon Austern aufgewachsen sind. „Zusätzlich finden sich kleinere Konglomeratbrocken, die aus Weißjura-Bruchstücken, alpinen Geröllen, reichlich Austern und aus einer ... Sandsteinmatrix bestehen.“ „Wahrscheinlich handelt es sich bei diesen Weißjura-Geröllen und Konglomeratbrocken um Hangschutt aus der Austernnagelfluh“, vielleicht auch „um Relikte eines aufgearbeiteten Konglomerats (Quarzitnagelfluh ?).“ Dem Vorherrschen von Epidot und Granat zufolge ist der Lieferant in erster Linie der Napf-Schuttfächer. Eine W-E-Hauptströmung transportierte das Material des Napf- und untergeordnet des Hörn-Schuttfächers nach E und NE. NE-SW gerichtete, küstenparallele Strömungen lagerten in Erosionsrinnen aus NE herangeführte Grobsande (sog. Grobsandzug), im Vorfeld der Küste auch Schalenrümpfer (Turritellenkalk, Randengrobkalk) ab. Der obere Abschnitt des 1. Sedimentationszyklus und der 2. Sedimentationszyklus gehören dem unteren und mittleren Otnang [früher dem unteren und mittleren Helvet] an.

Zur Zeit der Brackwassermolasse (BM: 53 ff., unsere Tab. 3) zog sich das Meer der OMM wieder nach SW zurück [Tab.: „Schichtlücke, Erosion, etc.“ zwischen OMM und BM]. Auf dem entstandenen nördlichen Festland wurde durch ein Flußsystem von Ulm bis Riedern am Sand bzw. Benken die Graupensandrinne herausgearbeitet und durch die Graupensande wieder teilweise verfüllt. „Im Anschluß an die Graupensandsedimentation kam es, verbunden mit einer erneuten Transgression des Meeres, zu einer erneuten Umkehr der Schüttungsrichtung. Nun wurden die großen Geröllmassen vom Napf-Schuttfächer — die sog. Austernnagelfluh — von SW nach NE in den Klettgau herangeführt. Anschließend wurden dann ebenfalls dem Napffächer entstammende muskovitreiche Mittel- bis Feinsande — die sog. Melaniensande — sedimentiert“ (: 67). In die Graupensande und Austernnagelfluhen, untergeordnet in die Melaniensande wurden, vor allem entlang des N-Abfalls des Kleinen Randen, Juranagelfluhen eingelagert, welche aus den mesozoischen Deckschichten des Schwarzwaldes stammten (: 67 u. Abb. 27, 72 ff.). Graupensande (: 67 ff.) sind im Blattgebiet nur noch erhalten am Kätzler (s. unser Kap. G 4 c, Abb. 8: 60) mit Aufschlüssen am E- und W-Hang, am E-Hang des Birnbergs und am Kohlplatz am Hornbuck [s. auch SCHALCH & GÖHRINGER 1921; SCHALCH 1921]. SCHOBER behandelt die Gesteinsausbildung unter Hinweisen auf HELING (1966), v. BRAUN (1953: 163), FÜCHTBAUER (1954: 38) und HOFMANN (1967a: 197). Die vorherrschende Schrägschichtung in den Graupensandgruben bei Riedern und am Kätzler entspricht einer WNW-ESE-Schüttung, nach KIDERLEN (1931: 294) einer Schüttung etwa nach SE. [Doch spricht HECKEL (1983: 56; Kap. G 3 h) der Schrägschichtung ein Einfallen nach S bis SW zu.] SCHOBER beschreibt (: 69 ff., Abb. 28) u. a. von der S-Seite der Grube bei Riedern über schrägschichteten Graupen-

sanden ein rinnenartig lagerndes Graupensandkonglomerat mit alpinen und subjurassischen Geröllen. Darüber folgen Austernagelfluh und dann Melaniensande. Der Autor registriert aus Graupensanden die Säugerbestimmungen STEHLIN's (1914: 191-193), aus der Sammlung FRANKENSTEIN *Trogotherium biosvilleti*, *Steneofiber* cf. *depereti* MAYET sowie weitere, höchstens gattungsmäßig bestimmte Säugerreste; von den häufig vorkommenden Haifischzähnen *Odontaspis crassidens*, *O. acutissima*, *O. cuspidatus* und *Carcharodon megalodon*, sodann Zähne von *Myliobatis toliapicus* und *Chrysophrys molassicus*, Panzerfragmente von Krokodilen und Schildkröten und Treibholzfragmente. „Die Faunenzusammensetzung und die Sedimentologie der Graupensande weisen auf einen randmarinen, deltaisichen bis ästuarinen Ablagerungsraum hin“. Die von SCHOBER (: 72 ff.) benannte Mittlere Juranagelfluh steht „zeitlich zwischen der Älteren Juranagelfluh des Hegaus (USM) und der Jüngeren Juranagelfluh (OSM)“.¹³ „Aus den Lagerungsverhältnissen ergibt sich eindeutig eine Zeitgleichheit mit der basalen Graupensandschüttung. Das Einsetzen der Mittleren Juranagelfluh beginnt somit im Abschnitt Birmberg-Kätzler im obersten Ottnangium“ (unsere Tab. 3, 51). „Im Anschluß an die Graupensandsedimentation ... wurden große Geröllmassen vom Napf-Schuttfächer — die sog. Austernagelfluh — von SW nach NE in den Klettgau herangeführt“ (: 66-67; Sperrung vom Verf.). Die Austernagelfluh (: 74 ff.) setzte sich mit dem Ausklingen der Graupensandsedimentation als beherrschendes Element durch, nachdem es während der Ablagerung der Graupensande immer wieder zu entsprechenden Gerölleinschwemmungen von SW gekommen war. Austernagelfluh und Melaniensande bilden im Gelände eine Steilstufe. Liegendes sind stellenweise Weißjura, USM, Reste von Graupensanden und bei Wolfershalde (4 km NE Unter-Riedern) und am S-Hang des Kleinen Randen Relikte der OMM. Die alpinen Gerölle sind meist unter 20 cm groß, während Kalke des Flußsystems der Ur-Aare, zum geringeren Teil wohl aus der Westschweiz und dem Südschwarzwald 25-30 cm, auch 50 cm und vereinzelt 70 cm Größe erreichen (: 75). „Gelegentlich vorkommende, von Pholaden angebohrte Weißjuragerölle (meist Oxford-Kalke) stammen sehr wahrscheinlich vom weiter NW gelegenen Kliff.“ Es ist anzunehmen, daß ein Teil der Austernagelfluh-Gerölle aus älteren Geröllablagerungen stammt (: 76). In der Graupensandgrube SW Riedern a. S. und am W-Abhang des Kätzlers sind der Matrix noch reichlich Graupensande beigemischt. „Westlich des Kätzlers kommt es dann vermehrt zu Einschaltungen von z.T. austernführenden Kalkareniten subjurassischer Herkunft“. „Es besteht die Möglichkeit, daß ein Teil der Graupensandmatrix durch Aufarbeiten des Liegenden der Austernagelfluh beigemischt wurde“ (: 77). Die artenarme, mitunter aber sehr individuenreiche Fauna umfaßt fast ausschließlich Austern, die vor allem „in der Sand- und Graupensandmatrix, bisweilen auch in den Sand- und Sandsteineinschaltungen, lagenweise oder nesterartig angereichert sind. Oftmals sind Horizonte frei von Austern, während andere Abschnitte im Profil, vor allem in den oberen Bereichen, z. T. überaus reichlich mit Austern durchsetzt sind. Die Schalen zeigen meist eine relativ gute Erhaltung; bisweilen findet man sogar vollständig erhaltene Exemplare mit rechter und linker Klappe, an Geröllen aufgewachsene Austern konnten allerdings nicht festgestellt werden. Ein kürzerer Transport ist deshalb nicht auszuschließen. Die meist horizontale Einlagerung der Austern, wie auch die Einschaltung von Sandsteinbänken, weisen auf mehrere Schüttungszyklen hin. Zwischen zwei Schüttungsvorgängen konnten sich somit in optimalen — wahrscheinlich flacheren — Zonen Austern ansiedeln und entwickeln, bevor sie dann bei der nächsten Schichtflut losgerissen, und von den Geröllmassen begraben wurden“ (: 79). SCHOBER nennt (: 79) 5 Austernarten nach WÜRTENBERGER (1870: 508) [darunter statt dessen *Ostrea* sp. eine *Ostrea collini* MERIAN ?] und 5 Austernarten nach GÖHRINGER (1915: 13). Die Melaniensande (: 79 ff.) überlagern im gesamten Blattgebiet die Austernagelfluh, ausgenommen am Roßberg SE Osterfingen/Schweiz, wo sie bereits erodiert wurden. Charakteristisch für die fein- bis mittelkörnigen, schräg oder kreuzgeschichteten Quarzsande ist ihr Glimmerreichtum. Der Kalkgehalt liegt um 20 %. Etwas Glaukonit ist vorhanden. Das Geröllspek-

¹³ SCHREINER hat zwischen Älterer oder Unterer (USM) und Jüngerer oder Oberer Juranagelfluh (OSM, Torton und Sarmat) unterschieden (1965: 313 ff., 348 ff., 1970: 35 Tab. 1, 43 ff., 79 ff.). Sedimente der Jüngeren Juranagelfluh wurden schon bei Beginn der Graupensandrinne in diese geschüttet, wo sie in der Regel an der Basis der Kirchberger Schichten einsetzen und bis an die Oberkante des OMM-Kliffs reichen. SCHOBER hat seine Mittlere Juranagelfluh davon abgetrennt.

trum dünner Geröllbänder stimmt mit dem der Austernagelfluh überein. Das Vorherrschen von Granat und Epidot dürfte auf die Napf-Schüttung hinweisen (Tab. 11; vgl. HOFMANN 1957: 298 Nr. 49; 1987: 286). Von den seltenen Fossilien findet man am ehesten noch Austern der gleichen Arten wie in der Austernagelfluh, deren Häufigkeit schichtaufwärts abnimmt. Der Autor registriert (: 81-82) die Arten der Mischfauna aus Sandsteinkauern N Dettighofen, W der Baltersweiler Kapelle nach WÜR-TENBERGER (1870: 522-524; Kap. G 3 a, b) und die dortigen, von SCHEID (1929) revidierten Pflanzenarten. Die Fossilien wurden wahrscheinlich zum Großteil durch einen Fluß vom nahen Festland in das 'Melaniensand-Meer' eingeschwemmt.

Über die „Randfazies der Austernagelfluh und der Melaniensande“ (: 83 ff.): Am W- und NW-Ende des Kleinen Randen gehen beide in randfazielle Bildungen über. Die „Kliff-Bildungen“ des Austernagelfluh-Meeres“ sind bei den Kohlgruben NE Reckingen noch ca. 0,6 m mächtig und werden von Sanden oder Sandsteinen der OMM unter- und von Melaniensanden überlagert. Sie bestehen hauptsächlich aus Weißjura-Geröllen, deren Bruchstücken und solchen von Krustenkalken und alpinen Geröllen. „Vereinzelte sind an den Weißjura-Geröllen Austern aufgewachsen.“ „Besonders auffallend ist der Austernreichtum dieser Lokalität. Manche Partien haben bisweilen das Aussehen einer Lumachelle.“ „Die fazielle Ausbildung ... weist auf einen Strandbereich mit naher Steilküste hin.“ Das „Algenkalk-Konglomerat der Riedhalde“ (: 84 ff., [1 km] WSW Küsnach) besteht hauptsächlich aus meist nur mäßig gerundeten, bis 25 cm großen Algenkalk-Bruchstücken, daneben aus Weißjura-, Braunjura-, Hornstein- und weißen Quarz-Geröllen. Die mittelkörnige Quarzsandmatrix enthält etwas Glaukonit und u. a. zahlreiche Austernschalen. Wie aus den Quarzgeröllen, Austern und den Lagerungsverhältnissen zu schließen ist, „bildete die Riedhalde den westlichen Randbereich des BM-Meeres, an dem ältere Strandablagerungen (Algenkalke) aufgearbeitet und mit Material aus der Austernagelfluh und Melaniensanden vermischt wurden.“ Der 5-6 m mächtige Breccienkalk der Küssaburg (: 86 ff.) besteht aus kantigen, am Hangfuß auch aus zunehmend gerundeten Weißjura-Bruchstücken, in einer Matrix aus ziegelrotem Mergel. Da HOFMANN (1961: 133, 135) darin Minerale vulkanischer Herkunft nachgewiesen hat, dürfte die rote Matrix den Heliciden-Schichten des Hegaus entsprechen. Der Autor beschreibt die basalen und höheren Teile des Vorkommens. Der basale Teil enthält u. a. „kleine Gerölle oder Bruchstücke von stark glaukonithaltigen, grobkörnigen Tertiär-Sandsteinen, die meist zahlreiche Schalenreste von Austern, untergeordnet auch von Gastropoden, sowie auffallend häufig Bryozoen enthalten. Bei diesen Geröllen bzw. Bruchstücken handelt es sich eindeutig um aufgearbeiteten Turritellenkalk.“ „Ablagerungsraum des Breccienkalks war die damalige Küstenlinie bzw. der nordwestliche Rand der Graupensandrinne.“ Der Hangschutt aus Weißjura- und OMM-(Turritellenkalk-) Bruchstücken und die gleichfalls 'abgeschwemmten' Heliciden-Mergel wurden anschließend durch pedologische Prozesse verkittet. Da „die Matrix aus roten Mergeln mit vulkanischen Mineralen sowie die Krustenbildungen und *Microcodium elegans* starke Analogien zu den Heliciden-Schichten bzw. zum Albstein aufweisen, mag der Bildungszeitraum oberes Ottnangium/tieferes Karpatium abdecken. Wahrscheinlich ist der Breccienkalk ein zeitliches Äquivalent der Melaniensande“ (: 87). Der Sandkalk im Alkheimerholz (: 88 ff.) [jetzt Alkheimerholz], der knapp NW des Steiggrabens [2 km] SW Geißlingen 25-30 cm mächtig aufgeschlossen ist, wird beschrieben. Der untere Teil führt Gerölle von vorherrschend abgerundetem Weißjura, Braunjura, Muschelkalk, alpine Quarzite und Gangquarze, Quarzgraupen, Fragmente von Heliciden-Mergeln und Krustenkalken mit *Microcodium elegans*. Die Kalksandsteine des oberen Teils enthalten Abkömmlinge aus den mesozoischen Deckschichten des Schwarzwaldes, einen deutlichen Quarzgehalt, etwas Glaukonit und in der sandigen Matrix zahlreiche Schalen und Schalenrümpfe von Austern. Es dürfte sich bei diesem Aufschluß um eine in der BM nicht ungewöhnliche Rinnenfüllung handeln. In einem nur wenige Meter NW gelegenen Aufschluß weist der basale, 75 cm mächtige Geröllhorizont Weißjura-Gerölle bis 20 cm Ø und Einlagerungen von Heliciden-Mergeln auf. Der darüber folgende glimmerreiche, feinkörnige Quarzsand führt vereinzelt Austern und stimmt mit den Melaniensanden weitgehend überein. „Nach SCHALCH (1922: 83) ist der Sandkalk im Alkheimerholz eine Strandbildung, die zeitlich der Austernagelfluh-Sedimentation (BM) gleichzusetzen ist.“ (: 90). Dafür sprechen laut

SCHOBBER (opp. v. BRAUN 1954: 150, 167 Tab. 8 Spalte 2) das häufige Vorkommen von Austern, die für den Napf-Schuttfächer charakteristischen Quarz- und Quarzitgerölle, die reichlichen großen Muskovitplättchen und die Überlagerung durch feinkörnige, glimmerreiche Sande, bei denen es sich um Melaniensande handeln dürfte.

Zur Altersstellung und Paläogeographie der BM (: 90 ff.): „Die Graupensandvorkommen auf Blatt Klettgau/Hohentengen entsprechen den Grimmelfinger Schichten des Hegaus und der Ulmer Gegend.“ „Die Austernagelfluh des Klettgaus entspricht im nordwestlichen Bodenseegebiet dem alpinen Geröllhorizont (Mischgeröllhorizont) an der Basis der Kirchberger Schichten, während die Melaniensande des Klettgaus den Samtsanden der Kirchberger Schichten entsprechen (HAUS 1951: 59).“ Austernagelfluh und Melaniensande sind dem unteren Karpat zuzuordnen. Nach dem Rückzug des Meeres der OMM, im oberen Otnang, bildete sich auf dem Festland das Flußsystem der Graupensandrinne heraus. Es mündete zwischen Griesen und Schaffhausen „in Form eines Ästuars in das ‘Rest-Molassemeer’“ (: 91). Aus der bei Riedern gemessenen Schüttungsrichtung der Graupensande von WNW nach ESE, die fast senkrecht zur vorherrschenden Transportrichtung NE/NNE nach SW/SSW gerichtet ist, schließt der Autor (: 91) auf ein uneinheitlich ausgebildetes Ästuarium zwischen den Graupensandvorkommen bei Riedern und Benken. Er verweist u.a. auf die im basalen Bereich ebenfalls nach ESE geschüttete Mittlere Juranagelfluh, deren Verbreitungsgebiet in groben Zügen mit jenem der Graupensande übereinzustimmen scheint. „Es wäre also möglich, daß ein Arm der Graupensandrinne, der vermutlich im Bereich des Hegaus abgezweigt ist, etwa parallel dem heutigen Klettgauer Tal (‘Ur-Klettgaufluß’) floß und schließlich bei Griesen in eine aus NW ... kommende ‘Mittlere Juranagelfluh-Rinne’ (‘Ur-Alb’) einmündete, deren Bett folgend dann nahezu rechtwinklig abgog und so im Bereich von Riedern in das Meer gelangte (vgl. Abb. 29). An der Wende Otnangium/Karpatium kam es dann — nachdem schon während der Graupensand-Sedimentation immer wieder Einschwemmungen aus SW, aus dem alpinen Raum erfolgten — zu einer endgültigen Umkehr der Schüttungsrichtung, die ... von SW nach NE gerichtet war.“ Hauptsedimentlieferant für den Klettgau war die Napf-Schüttung, die zunächst grobe Geröllmassen (Austernagelfluh) nach NE verfrachtete. „Mit der Austernagelfluh-Sedimentation war ein Vordringen des Meeres nach NE in den ehemaligen Mündungsbereich und Unterlauf der Graupensandrinne verbunden. Gleichzeitig kam es zu einer stärkeren Überflutung der südöstlich angrenzenden Festlandsbereiche (‘erweiterte’ Graupensandrinne im nordwestlichen Bodenseegebiet).“ „Die z. T. durch Kliff- und Strandbildungen markierte, nordwestliche Küste des ‘Austernagelfluh-Meeres’ dürfte etwa entlang der Linie Reckingen-Küßnach-Steiggraben SW Geißlingen-Kätzler-Hornbuck verlaufen sein“ (: 92). Die letzte Transgression, jene der Ablagerung der Melaniensande, die ebenfalls vom Napf-Fächer stammen dürften, führte zu einer geringfügigen Verlagerung der Küste nach NW, bis etwa zur Linie Matzenthal (N Reckingen)-Küssaburg. Die Schüttung der Ur-Alb hielt an, doch war sie im Vergleich zur Graupensand- und Austernagelfluh-Zeit rückläufig. Stellenweise ist ein fließender Übergang in die terrestrischen Ablagerungen der OSM zu beobachten (: 92/93, vgl. Abb. 30).

Auf meine Frage nach den Rändern der Graupensandrinne in seinem Gebiet teilte Herr SCHOBBER mit Brief vom 11. 3. 91 mit: „Der NW-Rand der Eigentlichen Graupensandrinne läßt sich im Bereich des Kartenblattes nicht eindeutig, bzw. nur punktuell festlegen.

Im SW wäre dies die Küssaburg, wo steil ‘ansteigende’ Weißjura-Schichten und Hangschuttbildungen (Breccienkalk) den Rand der herauserodierten Graupensandrinne anzeigen (vgl. S. 86 ff.). Graupensande sind in diesem Bereich nicht erhalten. Sie wurden dort entweder primär nicht abgelagert oder erosiv entfernt.

In der Umgebung von Riedern ist am N-Sporn des Kätzlers und W-Sporn des Hornbucks ein mehr oder weniger steiles ‘Ansteigen’ der Weißjura-Schichten und ein nach NW zunehmendes Auskeilen der Graupensande zu beobachten. Die auf den Seiten 69, 91 und in Abb. 29 dargelegten Ausführungen lassen allerdings darauf schließen, daß der eigentliche Rinnenrand in diesem Raum weiter im NW lag (heute erodiert). Weitergehende geographische Angaben zum NW-Rand der Eigentlichen Graupensandrinne sind nicht möglich, da die Tertiär- und Weißjura-Schichten NW des Kleinen Randens der

großflächigen Erosion während des Pleistozäns (Klettgauer Tal) zum Opfer fielen.

Aus den Geländebefunden ergibt sich allerdings, daß das bisher übliche Bild eines einheitlichen Ästuars zwischen Riedern und Benken (Schweiz) nicht zutreffen kann (vgl. S. 91). Ob die Ablagerungen in Riedern und Benken zeitgleich sind sei ebenfalls dahingestellt. Bemerkenswert ist jedenfalls, daß die Graupensande von Benken deutlich feinkörniger sind als jene von Riedern. Für eine Klärung der noch offenen, bzw. neu aufgetauchten Fragen bezüglich des Mündungsbereichs der Graupensandrinne sind zusätzliche, vergleichende Untersuchungen im Hegau und der N-Schweiz notwendig.

Als SE-Rand der Eigentlichen Graupensandrinne wird in der Literatur (z. B. HOFMANN & HÜBSCHER 1977: Abb. 10) eine Linie knapp E von Benken angegeben. Im Blattgebiet selbst sind die Graupensande nur auf ein relativ kleines Gebiet zwischen dem Birnberg SSE Griesen, Riedern und dem Hornbuck beschränkt. Die Frage, ob diese geringe Ausdehnung primär verursacht ist, oder die Graupensande im Bereich zwischen Riedern und Benken bei — möglicherweise auch vor — Ablagerung der Austernagelfluh erosiv entfernt wurden, läßt sich nicht eindeutig beantworten. Weitere Unsicherheiten ergeben sich aus den im obigen Abschnitt gemachten Ausführungen.

Der SE-Rand der Erweiterten Graupensandrinne liegt eindeutig außerhalb des Kartenblattes.“

Diskussion

Einige der von SCHOBER behandelten Sachverhalte wurden schon in den vorausgegangenen Kapiteln vorgetragen und diskutiert, so der Beginn der Graupensandrinne bei Regensburg-Kelheim (Kap. C 2 Abb. 1). Weitere allgemeinere Themen werden besonders in den Kap. I-L erörtert. Zu der bei HOFMANN & HÜBSCHER (1977) vermerkten Grenze zwischen Eigentlicher und Erweiterter Graupensandrinne siehe unsere Abb. 7 (: 32) und die Bemerkung zu Wildensbuch (Kap. G 4 b). Der Füllung der Eigentlichen Graupensandrinne NW dieser Grenze steht jene der Erweiterten Graupensandrinne SE dieser Grenze gegenüber, die über den südlichen Kartenrand hinaus die schweizerischen Vorkommen mindestens bis Rütigen (SCHOBER: 74) und die später erodierten bei Roßberg SE Osterfingen (: 79) umfaßt.

G (4) Graupensandgruben in der Eigentlichen Graupensandrinne SE und SW Schaffhausen

In diesem Gebiet nehmen die Autoren die Mündung des Graupensandflusses bzw. seiner Rinne in das Helvetmeer an (Kap. J), weshalb die maßgeblichen Aufschlüsse eingehender behandelt werden sollen. KIDERLEN bemerkt (1931: 290, 292) unter Bezug auf die Sandgrube von Riedern (Kap. G 4 c), daß bei Fossilauflösungen bisher nicht zwischen Grimmelfinger und Kirchberger Schichten unterschieden wurde. [Jedoch können beide Ablagerungen in Profilbeschreibungen oft auseinandergehalten und die Kirchberger Schichten an ihren brackischen Mollusken erkannt werden].

STEHLIN hat (1914) die Säugetiere aus der Molasse erstmals zusammenfassend bearbeitet. Er nennt (: 191-193) 8 + 1 ? Taxa, die in Riedern und Benken gemeinsam vorkommen, dazu eigens noch 7 von Benken und 6 + 1 ? von Riedern, ferner 3 von Schlatt. Er stellt (: 189) die Säuger in das „Vindobonien s. lat. (Mittelmioçän)“, und zwar in das „Untere Vindobonien (obere Stufe der marinen Molasse)“. Dieses liegt zwischen dem „Burdigalien (Untermioçän)“ (: 187) und dem „Oberen Vindobonien (Obere Süßwassermolasse mit Süßwasserkalken und Kohlenflözen)“ (: 190), also im nachmaligen Helvet. Unter den Fischvorkommen LERICHE's (1927) in der Schweizer Molasse ist jenes von Benken das arten- und individuenreichste (KIDERLEN 1931: 291). LERICHE hat auch Fische aus der Grube von Riedern bearbeitet.

(a) Die Sandgrube bei Benken am Cholfirst liegt im Kanton Zürich, 1 km E des Ortes (s. PEYER 1946: 142 Fig. 39) und 5 km SSE Schaffhausen (s. HOFMANN 1967a: GÜK; unsere Abb. 3: 11). Sie war wie jene von Riedern am Sand seit langem in Betrieb und untersucht worden (ältere Literatur über beide bei WEGELIN 1916: 2 und FISCHLI 1930: 131). Über USM (Aquitän) liegen Graupensande und darüber Sande mit Geröllbänken, Helvétien (= Kirchberger Schichten; s. KIDERLEN 1931: 375

Profil 25). WEGELIN bringt ein Bild der Hauptgrube (Fig. 1) von Benken „am Südosthang des Kohlfirns“ und (: 6-7) ROLLIER's Profile der Hauptgrube im S und der Grube im N (Fig. 3 u. 4). Die 20-30 m hohe Wand zeigt unter diluvialer Überdeckung und einer unregelmäßig gelagerten Bildung „der sogenannten obern Süßwassermolasse“ (: 3) mit scharfer Trennung teils schräggeschichtete Quarzsande und Quarzkiese, die technisch in 8-10 Fraktionen von 0,5-4 mm bzw. bis 8 mm Ø aufgeteilt wurden. Mergelstreifen und Gerölle aus alpinem Kristallin und nördlichem Mesozoikum sind zwischengeschaltet. Darunter folgt USM. Die Quarzsande keilen seitlich aus und stellen eine „Deltabildung in sinkendem Gelände“ dar. In Auswahl genannte Fossilien wie Austern des Formenkreises *O. crassissima* und *edulis* und Fischzähne etc. „sind ein untrüglicher Beweis dafür, daß die Quarzsande sind in einem Meer angesetzt haben, daß sie zur Meeresmolasse gehören“ (: 5), in die vom Festland Landbewohner eingeschwemmt wurden (: 8). — FISCHLI beschreibt (1930: 132) die 500 m östlich des Dorfes gelegene Quarzsandgrube von Benken in der „oberen Meeresmolasse“ und den Schichtwechsel in den bis 15 m hohen Wänden. Im gleichen Niveau liegt 1 km südöstlich die Quarzsandgrube von Wildensbuch. Die Fossilien wurden zum Teil durch Flüsse in eine Strandbildung eingeschwemmt. Sie sind „durch das Gerolltwerden am Strande zwischen den sehr oft kantigen Gesteinsfragmenten nur ganz ausnahmsweise unbeschädigt“ (: 133). FISCHLI's Aufsammlungen erbrachten u. a. 5 Gattungen von Foraminiferen, 4 von Radiolarien; von Mollusken *Ostrea crassissima*, *O. giengensis*, *O. arenicola*, *Corbula carinat*, *Cardita* sp. u. *Pecten*-Bruchstücke, von Crustaceen *Balanus tintinnabulum*, von Vertebraten 34 Arten Selachier, 6 von Teleostiern, Reste von Krokodilen und Schildkröten und 21 Taxa von Mammaliern, teils aus der USM eingeschwemmt. Von zahlreichen Pflanzenresten war nur *Acer* sp. bestimmbar. — In KIDERLEN's Profil von Benken (1931: 375-376 Nr. 25) bestehen die 15 + x m mächtigen Kirchberger Schichten aus grüngrauem, feinerem bis gröberem Quarzsand mit weniger Feldspat und Glimmer. Eingeschaltet sind Ton- und Geröllagen mit alpinen und aus dem N kommenden mesozoischen Komponenten. In einer Tonschmitze in diesen „marinen Sanden“ (: 330, 375 Profil 25), etwa 2-3 m über der Liegendgrenze, fanden sich unzerbrochene Schalen der brackischen Mollusken *Congerina amygdaloides* sp. und *Hydrobia semiconvexa*, dazu Zähne von *Chrysophrys* (Meerbrasse), weiterhin in Geröllagen und Sanden die allgemein häufigen *Pecten*-Trümmer und Haifischzähne. Darunter folgt eine scharfe Diskordanz, die durch Ausräumung des Liegenden unregelmäßig gestaltet ist. Die Kirchberger Schichten liegen bei Benken wie bei Riedern in Rinnen und Mulden der Grimmelfinger Schichten (: 273). Diese etwa 18 m mächtigen „marinen Ablagerungen“ (: 292) bestehen aus schräggeschichteten Quarzsanden mit zwischengeschalteten Tonen und weniger ausgedehnten Geröllagen als in den Kirchberger Schichten (: 288). Haifischzähne sind häufig, dazu Austern, Balaniden und Säugerreste. Unterlage ist USM. — PEYER bringt (1946: 143 Fig. 41) ein Profil der Grube Benken nach STAUBER, scheidet aber über den Graupensanden „(Grimmelfinger Schichten)“ „Sande, unten quarzreich, mit Geröllb. [-bänken] (Kirchbergerschichten)“ aus. Die Begrenzung der Glassande wie der übrigen Bildungen ist sehr unregelmäßig (: 144). „Es liegt eine Strandbildung vor, die unter rasch wechselnden Verhältnissen erfolgte (vgl. J. HUG, 1907).“ Die Fossilführung ist im ausgewaschenen Quarzsand am reichsten, erstreckt sich aber auch auf das Hangende. PEYER nennt Fossilien in Auswahl, darunter *Balanus* und *Cardium* und als bisher einmalige Funde die Knochenfische *Scarus* und *Diodon* (mit Lit.-Angaben). Von den Fossilien stammen manche aus aufgearbeitetem Mesozoikum des N und aus älteren Tertiärstufen. — Laut SCHALCH (1922: 79) stimmen die Glassande von Benken genau mit den Graupensanden von Riedern überein. — HOFMANN erwähnt (1956b: 31) Albsteinknollen in den Graupensanden von Benken und Wildensbuch und (1967a: 199) aus beiden Gruben „besonders schöne Exemplare von Austern.“

Laut briefl. Mitt. von Herrn HOFMANN vom 5. 9. 1990 ist die Sandgrube von Benken seit 1983 außer Betrieb und der basale Graupensand durch abgesandetes Material verdeckt. Die Grube Schlatt ist noch ziemlich gut intakt. In der Grube Wildensbuch kann man stellenweise noch Graupensand sehen.

(b) Die Sandgrube von Wildensbuch liegt nach PEYER's Abbildung (1946: 142 Fig. 39) 0,5 km S des Ortes, 1,6 km SE der Sandgrube von Benken und laut FISCHLI (1930: 132) im gleichen Niveau. HOFMANN zeichnet (1967a: Abb. 8 = GÜK) dort, wo die Quarzsandgrube Wildensbuch zu liegen kommt, wie bei Benken und Griessen (= Riedern) Graupensande und Kirchberger Schichten ein. Liegendes der „Grimmfinger Schichten (Graupensande) mit Austernagelfluhen“ ist wie bei Benken USM (HOFMANN 1967a: 198 Abb. 6). In diesen Sandgruben wechsellagern also Graupensande mit Austernagelfluhen (= Quarzitnagelfluhen) (HOFMANN 1967a: 197; 1976: 7). Ca. 750 m ENE der Wildensbucher Grube liegen nach GÜK Kirchberger Schichten auf Glaukonitsandstein der „älteren Oberen Meeresmolasse“ (vgl. HOFMANN 1976: 8).¹⁴ — Bemerkung: Die dazwischen fehlenden Schichten wurden abgetragen. Folglich liegen diese Kirchberger Schichten in der Erweiterten Graupensandrinne, deren Grenze gegen die Eigentliche Graupensandrinne zwischen dieser Stelle und der Quarzsandgrube Wildensbuch verläuft. In HOFMANN's Überblicksskizze (s. unsere Abb. 7: 32) ist die SE-Grenze der Eigentlichen Graupensandrinne knapp E Benken eingezeichnet. Laut HOFMANN & HUBSCHER (1977: 66) ist „Der nördliche Rand der Erosionsrinne des Graupensandtales ... im Kanton Schaffhausen und im angrenzenden Hegau sehr deutlich als markante Südgrenze des Vorkommens der Randengrobkalke zu erkennen.“ Er verläuft zufolge der Abb. ca. 4,5 km NW Schaffhausen und ca. 2 km NW „Riedern-Griessen“. Die genaue Begrenzung der Graupensandrinne bilden die Kanten der Albsteinflächen im NW und SE (s. unsere Abb. 7).

(c) Bei Riedern am Sand (genauer bei Unter-Riedern) auf GK 25 Nr. 8316 Klettgau (bei SCHALCH 1922 Nr. 157 Griessen) liegt das am weitesten im SW verzeichnete, abgebaute Vorkommen von Graupensanden in der Graupensandrinne (s. Abb. 3: 11). Herr SCHOBER hat auf einem Kartenausschnitt die wichtigeren der in der Literatur genannten dortigen Aufschlüsse gekennzeichnet. Siehe auch Kap. G 3 i.

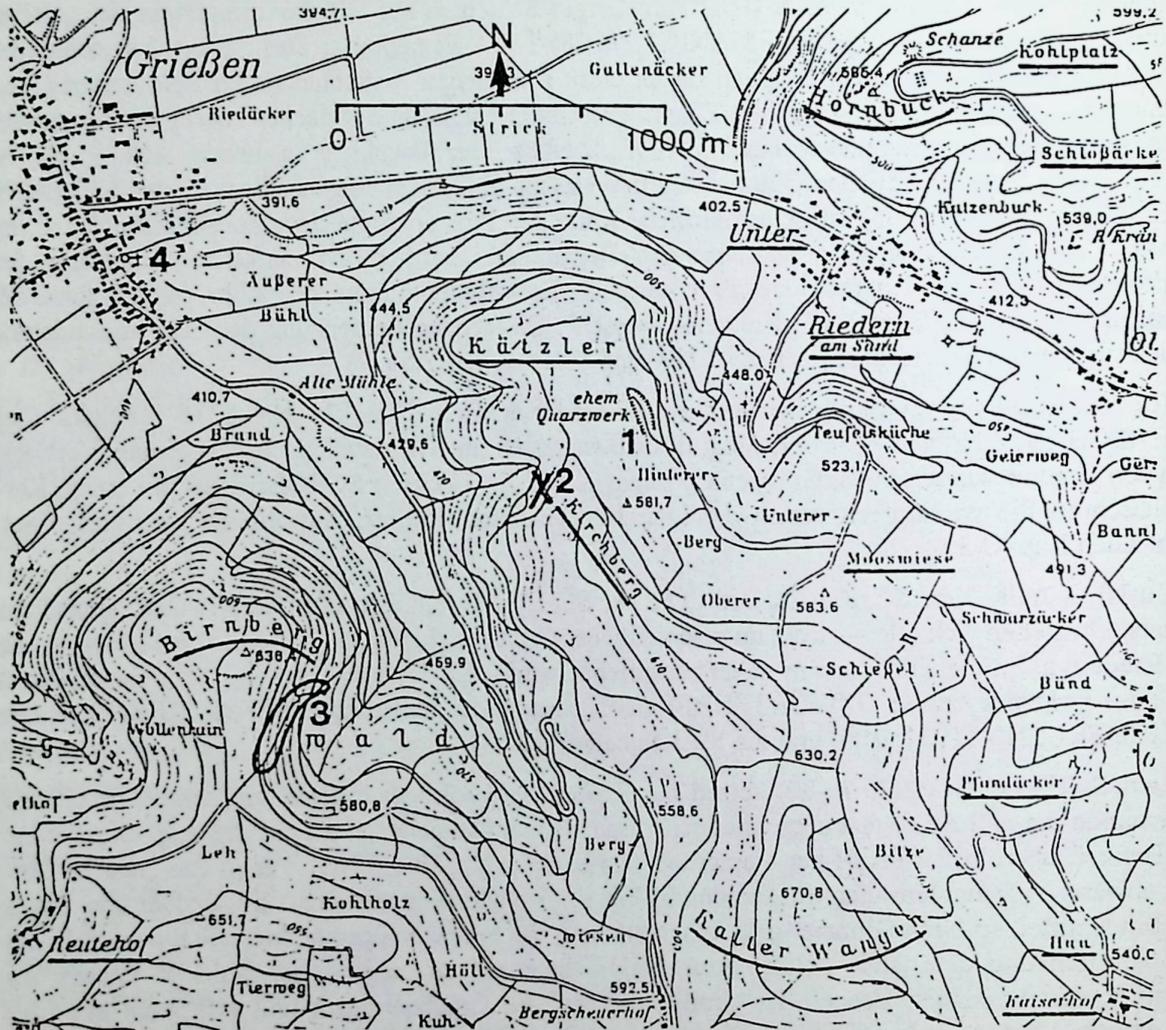
Zu Nr. 1 teilt Herr SCHOBER mit: „Die bei SCHALCH, KIDERLEN und KLÄHN gemachten Angaben beziehen sich alle — trotz unterschiedlicher Ortsbezeichnungen — auf die große Sandgrube von Riedern a. S., die auch von mir näher beschrieben wird (: 67, 71, Abb. 28).“ — Dazu und zu Nr. 2 siehe das Folgende, zu Nr. 3 (WÜRTENBERGER) speziell die Äußerungen SCHALCH's (1922: 83-84), KIDERLEN's (1931: 305) und die Stellungnahme auf S. 64.

Laut SCHALCH (1922: 79-80) setzen bei Riedern grobkörnige, lockere, größtenteils geröllfreie Quarzsande die m 2-Stufe fast ausschließlich zusammen und stimmen genau mit den sog. Glassanden von Benken überein. Im Profil der Sandgrube „am Kirchberg“ [Abb. 8 Nr. 1] zeigt das „marine Tertiär“ abwärts c) Melaniensande im Abraum. b) 1-1,5 m Konglomerat mit Kristallingeröllen und Sandsteinbindemittel, spärlich Glimmer und Juraanteilen. a) 5-6 m diagonalgeschichtete Graupensande mit Geröllstreifen und deutlicher Deltastruktur. Das nicht ermittelte Liegende ist USM (s. unten). An Fossilien, die durch den Betrieb der Grube (also aus den Graupensanden und evtl. auch aus dem Konglomerat) zutage gefördert wurden, fanden sich (: 81-82) die „aus der Austernagelfluh [: 79] angeführten Austern wenigstens teilweise in wenn auch nur ganz vereinzelt Exemplaren wieder.“ „Ebenso weisen zahlreich vorkommende Selachierzähne auf die ausgesprochen marine Natur der Ablagerungen hin. Recht häufig sind die in der marinen Molasse überhaupt allgemein verbreiteten Arten“ *Oxyrhina hastalis*, *Lamna cuspidata*, *Lamna denticulata*. Hinzu kommen Reste von Krokodilen, Schildkröten etc. und Säugetierreste. Von letzteren nennt SCHALCH (: 82) aus STEHLIN (1914) 16 Taxa. SCHALCH beschreibt (1922: 81) den Aufschluß Nr. 2 am „(westlichen) Hang des Kätzler“ nahe Sign. 581,4 (jetzt 581,7) mit gleichen Sanden wie bei Riedern (Nr. 1). — SCHALCH zeichnet

¹⁴ Laut Mitt. von Herrn HOFMANN vom 24. 4. 90 entsprechen die „tieferen Glaukonitsande“ dem Oberlinger Sandstein und Äquivalenten [vgl. SCHREINER 1966b: 99 Abb. 4; HOFMANN 1967a: 189]. Bei ZÖBELEIN (1985: 219 Nr. 35) werden sie unter „Heidenlöcherschichten (Basissandstein)“ des tiefen Unterhelvet (jetzt Unterrottnang, WENGER 1987) geführt.

Abb. 8. Lageplan einiger Aufschlüsse im Gebiet Griesen-Riedern am Sand (aus TK 25 Nr. 8316, nach Angaben von Herrn SCHOBER).

Nr. 1. Ehemalige Graupensandgrube („Quarzwerk“) am „Osthang des Kätzlers“, r 57 700 h 75 980 (SCHOBER 1989: Abb. 28). Nr. 2. Aufschluß am „Westhang des Kätzlers“, r 57 420 h 75 750 (SCHOBER: 153 Profil K, z. T. nach v. BRAUN 1953: 42-43, Diss. ETH Zürich, MS. [u. 1954]). Nr. 3. Aufschluß am „Osthang des Birnbergs“ r 56 600 h 75 080 (SCHOBER: 152 Profil J nach WÜRTEMBERGER 1870: 487). Nr. 4. Griesen, Ortakirche als Bezugspunkt. — In der Literatur genannte Örtlichkeiten hat ZÖBELEIN unterstrichen.



auf der GK „Mittel-Miozän“ am Hangverlauf bis 4 km SW Unterriedern ein. Die Kiesgruben mit Austernagelfluhen „am Osthang des Kalten Wangen“ bei Gewann Pfandäcker (s. unsere Abb. 8) wurden damals eröffnet (: 84).

Entgegen den Angaben von KLÄHN (1924: 338) hat WÜRTEMBERGER nicht „das Vorkommen von Riedern i. Klettgau“, sondern die Aufschlüsse am Birnberg (unsere Abb. 8 Nr. 3) und am Kaltwangen beschrieben (1870: 473, Taf. XII Fig. 1, 2). Am Kaltwangen wurden keine „Graupensande“, sondern Kiese der Austernagelfluh abgebaut.¹⁵ Die von KLÄHN (: 339) registrierten 15 Taxa von Säugetieren und dazu 13 Taxa aus STEHLIN (1914) stammen aus der Graupensandgrube von Unterriedern (Abb. 8 Nr. 1). Die Fauna besteht KLÄHN zufolge „aus zeitlich ganz heterogenen Formen. Sie

¹⁵ Gegen geologische und stratigraphische Aussagen von KLÄHN (1924) haben GÖHRINGER (1925), MOOS (1926) und KIDERLEN (1931: 326) Einwände gebracht.

stammen zum großen Teil aus Ablagerungen, die bereits im Oligocän und Untermiocän entstanden sind. Einige von STEHLIN aufgeführte Typen zeigen Anklänge an das Mittel- und Obermiocän.“ „Die Ablagerungen selbst dürften jünger als unter-mittelmioocän sein, da auch die Reste der mindestens mittelmioocänen Formen abgerollt sind.“

KIDERLEN's Profil (1931: 375 Nr. 24) vom Nordteil der Sandgrube am Kirchberg SW Riedern (unsere Abb. 8 Nr. 1) zeigt abwärts: 3,5 m Kirchberger Schichten aus tonigem Sand und sandigem Ton und einem groben Konglomerat. Es führt nicht selten sehr gut erhaltene Haifischzähne (*Odontaspis crassidens*), Knochenrümmmer und Austernstücke (auch: 292, 330-331). „Kristallines alpines und sehr viel gemanisches Sedimentärgeröll geht nach S in Richtung des Schichtfallens in Graupensande über.“ Unter einer scharfen (: 292 „Ausräumungs-“) Diskordanz folgen, 5-6 m aufgeschlossen, Graupensande in „Großschrägschüttung“ (: 294: „Fallen“ bzw. „Strömungsrichtung“ S 55 0) mit Geröllschmitzen aus alpinem Kristallin und Schwäbischem Mesozoikum wie bei Benken und am Reiat (: 375, 288). „In der unteren Schichtfolge (Profil Nr. 24) [in den Grimmelfinger Schichten] fand ich selbst keine marinen Fossilien“. „Um die mündungsnahen Fazies der liegenden Gr. Sch. zu zeigen, genügt aber die Überlagerung durch jüngere marine Schichten“ (: 292). Es ist, „vorsichtig ausgedrückt, bestimmt ein Teil der Gr. Sch. des Schaffhausener Gebiets marin“. „Wir können hierfür als Arbeitshypothese einen nach SW fließenden Strom, der bei Schaffhausen in das Meer mündete, einführen.“ KIDERLEN zitiert (: 292) DEECKE's Äußerung (1917: 470), daß die Graupensande „ein Delta- oder Flußsediment nahe dem Ufer“ sind und spricht (: 305) vom „Kirchberg-Delta bei Riedern“ an der Einmündung eines rechten Nebenflusses in die Graupensandrinne.

HECKEL's Darlegungen (1983: 58, 60, 63) über die geologischen Verhältnisse um Riedern wurden (in Kap. G 3 h: 48) besprochen.

SCHOBER's Aussagen zur Geologie von Riedern a. S. wurden z. T. schon im Kap. G 3 i vorgestragen. Er zeichnet (1989: Abb. 28) in der 'Graupensandgrube' (unsere Abb. 8 Nr. 1) bis etwa 10 m mächtige „Graupensande mit Schrägschichtung (Gs)“ und darüber ein „Graupensandkonglomerat (GK)“. Im SSE-Teil des Profils folgen darüber streckenweise „Graupensande, horizontal geschichtet (Rinnenfüllung; GH)“. Der NNW-Teil zeigt über GK „Feinsandige Rinnenfüllungen“, darüber „Austernagelfluh (A)“ und zuoberst einen Rest von „Melaniensanden (M)“. In der Profilmittte finden sich über dem GK auf kurze Strecke „Nagelfluh- und Sandsteinbänke in subjurassischer Ausbildung“. GK, A und M führen alpine, jurassische und triassische Gerölle. In der Sandgrube am Kätzler [Abb. 8 Nr. 1] liegen Graupensande auf der W-, NW- und SE-Seite auf USM, auf der N- und E-Seite auf Weißjura; auf diesem auch am Hornbuck-Westende, sonst auf USM. Zu den weiteren Aufschlüssen in der Riederner Gegend [Abb. 8 Nrn. 2 u. 3] siehe SCHOBER's obige Hinweise.

(d) Die Sandgrube bei Schlatt liegt am Nordostende des Cholfirst bei Paradies bzw. Neuparadies, 400 m SW der Bahnstation Schlatt (ca. 3,5 km ESE Schaffhausen; s. unsere Abb. 3). Der 20 m hohe Aufschluß zeigt laut FISCHLI & WEGELIN (1910: 116-118; mit Hinweis auf GUTZWILLER 1883) 1) ca. 0,30 m Humus; 2) ca. 7,5 m Wechsellagerung von 0,3 bis 2 m mächtigen Sandsteinbänken mit lockerer Nagelfluh resp. alpinem Geröll, Sand und Mergel; 3) eine ca. 0,3 m feste Sandsteinbank mit kalkigem Bindemittel; 4) ca. 12 m Sand und kalkig gebundenen Sandstein. „Der rote Sand ist seifig-feinsandig und enthält 64 % HCl lösliche Bestandteile.“ Liegendes ist nach Mitt. von Herrn HOFMANN USM. Im unteren Teil von Schicht Nr. 3) fanden FISCHLI & WEGELIN 18 Pflanzen-Taxa, in deren oberem Teil hier und da Trümmer von Austernschalen. In Nr. 2) finden sich unter den Geröllen vorwiegend solche aus Kalkstein, daneben Quarzite, roter Porphyrt und Hornsteine. An einer Stelle ist der Sand „fast so rein und grobkieselig wie der Glassand von Benken.“ Im unteren Teil von 2) enthalten eine Nagelfluh und eine Geröllschicht gerollte und zum Teil zertrümmerte Austernschalen. „Ueber dieser untersten Austerneröllschicht sind dann 2-3 m höher, zwischen Sand und Sandsteinen eingebettet, zwei, stellenweise sogar drei, weitere ähnliche Geröllablagerungen von zusammen zirka 80 cm Mächtigkeit. Dies sind die Hauptfundstellen für die Austernschalen.“ Daraus stammt ein Zahn von *Lamna cuspidata* und ein großer Säugetierwirbel. Die von ROLLIER bestimmten Austernarten

„gehören alle der Sippe *Ostrea crassissima* an. Es sind folgende Arten und Mutationen:“ *O. giengensis*, *arenicola*, *argoviana* und *batillum*. „Das Ganze ist offenbar eine Deltabildung und hat auffallende Ähnlichkeit mit den Vorkommen im alten Steinbruch bei Flaach [5,5 km SW Andelfingen, 14 km SSW Schaffhausen; s. HOFMANN 1967a: GÜK] — Dieselben Gerölle, die gleichen Austern nach Größe und Art und auch die Einbettungsmasse weicht kaum stark ab.“ Die beiden Autoren verweisen auf die Gleichaltrigkeit von Schlatt mit den Glassanden von Benken laut ROLLIER (1903: 416) und bemerken: „Die Austern sind stark gerollt und zwischen Kies gebettet, also verschwemmt an zweiter oder dritter Lagerstätte. Ihr ursprüngliches Lager kann aber, ebensowenig wie in Benken, wo sie viel seltener sind, ein bedeutend älteres gewesen sein, eben weil sie in den tieferen Schichten der marinen Molasse (Helvetian) unbekannt sind. Vielmehr sind sie von der Küste her, horizontal, in den sie einschließenden Schichten verfrachtet oder verschleppt und dabei abgerollt worden.“ Als Beweis dafür, daß „viel Material von der subjurassischen Küste her weit in das Molassemeer transportiert wurde“, gilt den Autoren, daß in Benken neben den alpinen Geröllen solche aus dem Rheintal- und Schwarzwald-Dogger nicht allzu selten sind (ROLLIER). „Durch den neuen Aufschluß bei Schlatt-Paradies ist also zum ersten Male anstehende marine Molasse auf thurgauischem Gebiet festgestellt worden; denn die vielen Vorkommnisse von Muschelsandstein, 'Seelaffe', sind alle erratisch, vom Rheingletscher bei Staad-Rorschach abgebrochen und über den Thurgau zerstreut.“

STEHLIN nennt von Schlatt (1914: 192-193) *Hyotherium soemmeringi*, *Listriodon* spec. indet. und Proboscidiier gen. et spec. indet.

G (5) Diskussion zu G (4)

Die Sandgrube von Schlatt liegt 3 km NNE von jener von Benken und 3,5 km fast im N von jener von Wildensbuch (Kap. G 4 a bzw. 4 b; nach von Herrn HOFMANN zugesandten Kartenausschnitten und Grubenmarkierungen), also in der Eigentlichen Graupensandrinne. Dagegen liegt Flaach in der Erweiterten Graupensandrinne (zur Abgrenzung der beiden siehe Kap. G 4 b). Neben der Herkunft der Austern aus der OMM im NW der Eigentlichen Graupensandrinne ist auch eine solche aus der OMM im SE der Rinne anzunehmen. Darauf läßt die Führung gleicher Austern und alpiner wie mesozoischer Gerölle bei Schlatt und Flaach schließen. Da FISCHLI & WEGELIN die Umlagerung der Austern besonders betonen, erscheint ihr Schluß nicht zwingend, daß bei Schlatt erstmals „marine Molasse“ im Thurgau festgestellt wurde.

SCHALCH weist (1914: 726) auf die große Ähnlichkeit der „marinen Glassande“ von Benken, Wildensbuch und Schlatt hin. KIDERLEN (1931: 330) erwähnt SW von Schlatt „marine Sande“ über Grimmelfinger Schichten; „(weitere Vorkommen siehe GUTZWILLER 1883, S. 61)“. Er führt sie in seinen Kapiteln über „Kirchberger Schichten“ (: 308 ff.) und „Austernagelfluh“ (: 330 ff.) an. Die „marinen Sande“ betreffen also die Schichten 2) und 3) von FISCHLI & WEGELIN. HOFMANN zitiert (1987: 127) aus ROLLIER (1903) Graupensande von „Kohlfirst (Paradies)“ und führt sie (: 128) aus dem Cholfirstgebiet von Benken, Wildensbuch und Schlatt-Paradies an. Sie werden (1987: 194) an diesen Orten von Äquivalenten der Kirchberger Schichten (mit Napf-Material) überlagert.

H. Schichtbegriffe und Schichtkorrelierungen in der Graupensandrinne des weiteren Bodenseegebietes

Nach der Entdeckung der Graupensandrinne und ihrer Füllung durch MOOS (1925), deren eingehender Bearbeitung durch KIDERLEN (1931), hier speziell im weiteren Bodenseegebiet und die Erkenntnis der Erweiterten Graupensandrinne durch HAUS (1951) sind neue Begriffe zu den alten hinzugekommen. Die Korrelierung unterschiedlich benannter Schichten soll der Klärung der Stratigraphie und der Gesamtbeurteilung der Fossilführung (Kap. K) dienen. Auf Korrelierungen einzelner Autoren in Kap. G 1-4 wird verwiesen. Die Schichtfolgen zeigen Abb. 4 nebst Erläuterungen (: 12), Tab. 2 (: 49) und Tab. 3 (: 51). Die örtliche Lage der angesprochenen Vorkommen ergibt sich aus

Abb. 3 (: 11) oder sonst aus den auf S. 9 und 11 genannten Karten und Skizzen. Die Angaben in Abschnitt (1) erfolgen in Auswahl und möglichst chronologisch.

H (1) Angaben der Autoren

(a) Bei F. J. & TH. WÜRTEMBERGER (1862: 719, 720) erscheint der Name „Austernagelfluh“ und „Auster-Nagelfluh“, bei TH. WÜRTEMBERGER (1870: 472 etc.) „Austernagelfluhe“. Hangendes ist durchwegs der „Melaniensand“ (Kap. G 3 a, b).

(b) SCHALCH (1881: 44) „marine Schichten“ von Stetten, Lohn und Büttenhardt = Grimmelfinger Schichten (KIDERLEN 1931: 272), Graupensande (ERB 1931: 21; SCHREINER 1966b: 47, 48). Darüber (1881: 64) „Brackwasserbildungen oder die Schichten der *Dreissena claviformis*“ (Kap. G 2 a). — SCHALCH (1895: 201), „Meeresmolasse“ bei Anseltingen = Grimmelfinger Schichten (KIDERLEN 1931: 272, 374 Nr. 23; SCHREINER 1959: 63; 1966b: 47, 48; 1970: 66). Darüber (1895: 207) „Brackwassermolasse (Schichten von Kirchberg)“ (Kap. G 1 a). — SCHALCH (1914: 703) „Meeressande“ von Stetten, Lohn und Büttenhardt (s. 1881) (Kap. G 2 b). — SCHALCH (1916: 91, 98) „Meeressande“, „Geröllführende“ am Reiat. Darüber (: 104) „Brackische Schichten“ (Kap. G 2 c). — SCHALCH (1921: 37 ff.) „Austernagelfluh“ in der Nähe der Balterweiler Kapelle (s. WÜRTEMBERGER 1870: 478, Taf. XII Fig. 3). Hierher gehören die „Meeressande (Glassande)“ von Benken. Die Glassande von Riedern liegen im „Austernagelfluhausstrich“. Neben typischer Austernagelfluh treten im Blattgebiet (wie nördlich davon bei Wiechs) „geröllführende Meeressande“ bzw. die „geröllführende Meeresmolasse“ auf (: 41). Sie ist eine von der typischen Austernagelfluh petrographisch abweichende Ausbildung, indem das gesamte Sedimentärmaterial der Austernagelfluh fehlt (s. unten, d, Diskussion zu HAUS). Über der Austernagelfluh folgt ohne Diskordanz der fossilführende Melaniensand (s. Kap. G 3 d). — SCHALCH (1922: 76) „Austernagelfluh“, die bei Riedern und an der Küssaburg „einer wesentlich abweichenden Ausbildung“ Platz macht (: 79). Es sind die Graupensande, die mit den Glassanden von Benken und vom Kirchberg bei Unterriedern übereinstimmen. Die Austernagelfluh wird im Blattgebiet ohne Diskordanz vom Melaniensand (: 95) überlagert (Kap. G 3 e).

(c) MOOS benannte (1925: 204 ff.) die „Grimmelfinger Graupensande“ seines Gebietes zwischen Donauwörth und Riedlingen (s. seine geol. Kt.) nach der Typuslokalität Grimmelfingen (7 km SW Ulm). Den von SANDBERGER (1874: 552 ff.) geschaffenen Begriff „Kirchberger Schichten“ (nach Kirchberg a. d. Iller, jetzt Illerkirchberg, 7-9 km S Ulm) behielt er bei. Er verwies (: 216, 233) auf das Vorkommen von „Grimmelfinger Graupensanden“ im „Südwestgebiet“ bei Anseltingen und im Reyath-Meißkircher Bezirk bei Lohn, Stetten und Büttenhardt.

MOOS zitiert (: 216) Schichtnamen SCHALCH's (1881; 1895; 1914). Im Reiat-Meißkircher Bezirk, „dessen Ablagerungen nur noch in Form von Erosionsfetzen erhalten sind“, liegen Kirchberger Schichten laut MOOS (: 244) nach SCHALCH (1914: 207; 1895), DEECKE (1917: 475) und LEUZE (1922: 334, 345) in einer 40 km langen und bis 6 km breiten Zone teils auf Malm (Büttenhardt), teils auf Reyathkiesen und Graupensanden (Büttenhardt, Anseltingen). „Der Verbreitungsbezirk der Graupensande und der Kirchberger Schichten ist von der Schaffhauser bis in die Dillinger Gegend ganz derselbe“ (MOOS: 227 Nr. 3).

(d) Laut KIDERLEN's vorläufiger Mitteilung (1928: 601-602) reihen sich an die Graupensande „die 'marinen' geröllführenden Sande von Lohn und Büttenhardt“ und „die 'Glassande' von Riedern und Benken“ an. Es liegt eine „Verzahnung bei Schaffhausen mit mariner Austernagelfluh“ vor. „Vom Hegau an nach SW sind den Grimmelfinger Sanden grobe Gerölle alpiner Herkunft beige-mengt“. Es folgen „brackische Kirchberger Schichten, eingeleitet durch einen Vorstoß des Meeres ... von SW her (Austernagelfluh).“ — 1931 (: 329) nimmt KIDERLEN eine brackische Ingression der Rinne auch von E her an, in der Ulmer Gegend aber nicht mehr von SW. Von seinen Ausführungen über die Grimmelfinger Schichten (: 265 ff.) und die Kirchberger Schichten (: 308 ff.) etwa von Dil-

lingen a. d. D. bis in den Klettgau (Riedern am Sand) wurden jene (Kap. G: 31) im Auszug wiedergegeben, die das Gebiet westlich des Bodensees allgemein betreffen. Im Kapitel über „Die Austernagelfluh (: 330 ff.) schreibt KIDERLEN, daß der Übergang der Kirchberger Schichten des Hegaus nach SW in andersartigen Schichten infolge der diluvialen Ausräumung nicht mehr zu beobachten ist. Er prüft deshalb das Sedimentdach der Grimmelfinger Schichten von Benken und Riedern, daneben von Wildensbuch und Schlatt (unser Kap. G 4), wie weit sich Beziehungen zu den brackischen Schichten des Reiat ergeben. „Nicht nur die Congerien, sondern auch die auffallende Diskordanz im Liegenden hat die M. M. [Meeres-Molasse] mit den K. Sch. des Reyath gemein, weshalb wir mit Recht in beiden gleichzeitige Bildungen sehen.“ S. 331: „Zwischen Benken, Reyath und Riedern und nach W weiter bis zum Rhein dehnt sich die Austernagelfluh aus.“ Sie „hält sich südlich der Sandgrube bei Riedern im Niveau der Gr. Sch. Kein Aufschluß legt das Grenzgebiet bloß. Um so wertvoller ist ein Profil, das WÜRTEMBERGER (1870, S. 487) von einer etwa 1,5 km südwestlich der Sandgrube gelegenen Steige gibt.“

Laut WÜRTEMBERGER (1870: 487 Nr. IX) liegt dieser Aufschluß „an der Nordseite des Birbers [vgl. Ostseite des Birbergs, unten und unser Abb. 8 Nr. 3]. Profilabwärts folgen (badische Füße zu 30 cm umgerechnet) Nrn. 1-2, 72 m Juranagelfluh; Nrn. 3-5, 10,5 m Melaniensand, in Nr. 4 ein Geröllband, in welchem (: 521) alle wichtigen Gerölle der Austernagelfluh vorkommen, dazu Austern-Bruchstücke, in Nr. 5 Austern. Die Schichten nach Nr. 5 bis Nr. 8 faßt WÜRTEMBERGER als „Austernagelfluh“ zusammen, gibt aber für die obere Schicht keine Nr. [deshalb hier die Nr. 5a] und keine Mächtigkeit an für ein Conglomerat aus Alpen-, Trias- und Jura-geröllen, Austern und sandigem Bindemittel; Nr. 6, 0,9 m, „Ein loser rötlicher Sand mit eingesäeten wachsgelben, selten roth oder bläulich gefärbten Quarzgeröllen von Erbsen- bis Haselnussgrösse“; Nr. 7 wie Nr. 6, 1,3 m, nur mit größeren Muschelkalk- und Jurageröllen und zu einem festen Conglomerat verbunden; Nr. 8, 0,9 m, wie Nr. 7, doch nur lose verbunden; Nr. 9, 24 m, Bohnerzbildung.

SCHALCH verweist (1922: 83-84) auf dieses Profil und auf recht mangelhafte Aufschlüsse „An der Ostseite des Birbergs“, an der Steige von Griesen nach Reuthöhe bzw. (: 86) an der „Birbergsteige“. Er bemerkt, daß „sich auch hier noch Andeutungen der Riedener Graupensande zwischen den Geröllbänken in Form loser, rötlicher Sande“ [Nr. 6, mit Zitat von WÜRTEMBERGER's Wortlaut] zeigten. KIDERLEN bezeichnet (1931: 331) bei der Wiedergabe von WÜRTEMBERGER's Profil IX die Nr. [5a] als „Austernagelfluh“, die Nrn. 6-8 als „Graupensande“. Nach KIDERLEN (: 331) geht aus diesem Profil „eindeutig hervor, daß die Austernagelfluh an dieser Stelle jünger, z. T. vielleicht auch noch gleich alt ist wie die Gr. Sch. Das hangende Konglomerat von Riedern und die Obere M. M. von Benken sind beide Äquivalente der Austernagelfluh.“ Und (: 332): „Die Gr. Sch. werden bei Riedern und Benken überlagert von der Austernagelfluh.“ Zu KIDERLEN's (: 332) Begriffsbestimmung „Austernagelfluh“ siehe die Diskussion.

Diskussion zu (d)

KIDERLEN's Deutung des Profils an der Birbergsteige weicht von jener WÜRTEMBERGER's (der keine Graupensande ausscheidet) und SCHALCH's ab. Nach letzterem ist eine Schicht Graupensand den beiden Geröllbänken (= WÜRTEMBERGER's Austernagelfluh Nrn. [5a] und 7) zwischengeschaltet, indes nach KIDERLEN der Graupensand (Nrn. 6-8) über dem Bohnerz liegt. SCHOBER führt (1989: 74) aus, daß die Austernagelfluh „Im Abschnitt Hornbuck-Kätzler-Birberg ... von Graupensanden, stellenweise auch von Weißjura unterlagert“ werden. Die gleiche Folge: Graupensande-Austernagelfluh-Melaniensande, seitlich verzahnt mit „Mittlerer Juranagelfluh“, gibt sein Schema (: 67 Abb. 27) der BM auf Blatt Klettgau/Hohentengen wieder. Auch bei Riedern (: Abb 28) folgt über Graupensanden seine Austernagelfluh. HECKEL (1983: 53; unser Kap. H 1 i) spricht von einer „großen marinen Austernagelfluh-Rinne“ über Weißjura bei Reuthöhe. Das läßt auf eine vor-
ausgehende Ausräumung der Grimmelfinger Schichten schließen, wodurch für die Austernagelfluh Raum geschaffen wurde. KIDERLEN's Deutung, daß die Austernagelfluh jünger als die Grimmelfinger Schichten ist, trifft also allgemein zu. — Nun zu seiner Meinung, daß die Austernagelfluh „z. T. vielleicht auch noch gleich alt“ wie die Grimmelfinger Schichten ist. Das kann zutreffen, wenn die

Einschaltungen von Graupensandlagen in der Austernagelfluh Ausläufer des allerdings höheren Teils der Grimmelfinger Graupensande von Riedern und Benken sind. Doch erklärt KIDERLEN (: 331) das hangende Konglomerat von Riedern und die Obere Meeresmolasse von Benken als Äquivalente der Austernagelfluh und (: 332) die Austernagelfluh bei Riedern und Benken als das Hangende der Grimmelfinger Schichten. Diese hangenden Schichten bezeichnet er aber in den zugehörigen Profilen (: 375 Nm. 24 und 25) als „Kirchberger Schichten“. Es sind brackische Ablagerungen. Sie führen bei Benken (unser Kap. G 4 a) unzerbrochene brackische Mollusken, bei Riedern (Kap. G 4 c) *Pecten*-Reste, in beiden Gruben u. a. Austern-Bruchstücke, Haifischzähne, Säugerreste und in den korrelierten Schichten am Reiat W Büttenhardt (KIDERLEN 1931: 374 Profil 23; unser Kap. G 2) mehrere Arten brackischer Mollusken. In diese Brackwassersedimente der Graupensandrinne wurden bei Riedern und Benken Gerölllagen und aufgearbeitete marine Faunenreste eingeschwenkt (Kap. K). KIDERLEN's „Grobes Konglomerat“ (1931: 375 Profil 24) bzw. „hangendes Konglomerat (: 331) in den Kirchberger Schichten von Riedern und die entsprechende „Obere M. M.“ von Benken können keine Äquivalente der Austernagelfluh sein. Das entscheidende Indiz für eine Korrelierung der Schichten ist ihre Lage unter oder über der brackischen Ingression. Diesbezüglich liegen die Grimmelfinger Schichten und die geschlossene Austernagelfluh darunter, die Kirchberger Schichten mit ihren Geröll- und Konglomeratlagen und die Melaniensande darüber. In die Austernagelfluh hat der Graupensandfluß noch Lagen von Graupensand, in die Kirchberger Schichten die Napfschüttung noch Lagen von Austernagelfluh eingeschwenkt. Die Einlagerungen entsprechen jeweils dem Alter des einschließenden Sedimentpaketes.

Laut KIDERLEN (: 375) geht bei Riedern „Grobes Konglomerat“ (der Kirchberger Schichten) „nach S in Richtung des Schichtfallens in Graupensande über.“ Da Kirchberger und Grimmelfinger Schichten durch eine „scharfe Diskordanz“ getrennt sind, ist ein Übergang unwahrscheinlich. Es handelt sich vielleicht um eine Graupensand-Einschaltung in Kirchberger Schichten, wie KIDERLEN (1931: 375 Profile 24 u. 25) ja Graupensande und grobe Sande von Riedern und Benken erwähnt. Andernfalls liegen wohl zwei getrennte Schichten vor.

KIDERLEN hat (1931:332) betont: „Man muß sich dabei hüten, die genannte Austernagelfluh [in der Graupensandrinne] mit den faziell sehr ähnlichen, ebenfalls Austern führenden Gerölllagen der M-3 und D-Schichten der schwäbischen M. M. zu parallelisieren.“ KIDERLEN's M 3 (1931: 247) sind „Muschelsandstein“ und darüber „Geröllhorizont“, D „Sandmergel und tonige Sande“; bei Wiechs „Alpiner Geröllhorizont mit Austern“. M 3 und D liegen als Glieder der OMM in der nördlichen Randfazies. Um Verwechslungen zu verhüten, habe ich (1985b: 213 Nr. 12) wie SCHREINER die Bezeichnung „Alpines Konglomerat“ (statt etwa „Ältere Austernagelfluh“) verwendet. HOFMANN verweist (1987; s. unser Kap. H 1 g) auf die Anwendung des Begriffes „Austernagelfluh“ für verschiedene Schichten, wie auch SCHOBER (1989: unsere Tab. 3 S. 51 und S. 52) zwischen Austernagelfluh der BM und austernführenden Schichten der OMM unterscheidet.

KIDERLEN nennt die Graupensande (etwa von Riedern und Benken) „Grimmelfinger Schichten“. Er verweist (1931: 266) auf deren unterschiedliche petrographische Ausbildung, speziell (: 285 ff.) im „Gebiet um Schaffhausen“. Andere Autoren erwähnen „Graupensande“ auch in anderen Schichten, die infolge der langandauernden nordöstlichen Sedimentzufuhr in die OMM bis zu deren Deckschichten und in die BM gelangten. HOFMANN bringt (1987: 127-128) einen Überblick über die „Graupensande von Benken/Wildensbuch ... OMM (Helvétien)“ (s. Abschnitt g). Zur Präzisierung könnte man die Graupensande der Graupensandrinne Grimmelfinger Graupensande nennen (s.: 17).

(e) Zu den Schichtbegriffen von HAUS (1951) siehe Kap. F 3 b zu Nm. 8 u. 9: 17, 18. — HAUS schreibt (1951: 58-59): „KIDERLEN (1931) konnte nachweisen, daß die fluviatilen Graupensande und die brackischen Kirchberger Schichten sich gegen Schaffhausen zu mit den marinen, durch Säugertierfunde als sicheres Helvet datierten Absätzen der Austernagelfluh (Benken, Riedern) verzahnen so daß heute eine altersmäßige Gleichsetzung der schweizerischen Austernagelfluh des nördlichen Kantons Zürich und des Aargaus mit den Kirchberger Schichten gesichert scheint“ [vgl. auch 1952:

28]. „Die Schichtfolge im Klettgau, welche mit der Austernagelfluh (10 bis 15 m) beginnt und über die aussüßenden 'Melaniensande' (15 m) und feinsandige gelbliche Mergel (100-150 m) in kontinuierlichem stratigraphischem Übergang in die Obere Süßwassermolasse überleitet, besitzt große Ähnlichkeit mit der nach oben in die Obere Süßwassermolasse übergehenden Schichtfolge unserer Kirchberger Schichten des Überlinger Gebietes [in der Erweiterten Graupensandrinne], so daß man ihre stratigraphische Äquivalenz nicht gut bezweifeln kann.“ „Es liegt nahe, das alpine Geröllmaterial unserer Kirchberger Schichten als das der Klettgauer Austernagelfluh anzusprechen. Allein diese Annahme wird durch das anscheinend völlige Fehlen von germanischen Sedimentkomponenten, namentlich jurassischem Material, das in der Austernagelfluh reichlich vorhanden ist, in Zweifel gezogen“ (: 59).

Diskussion zu (e)

Zu den Schichtkorrelationen KIDERLEN's siehe oben (Abschnitt d). Die Hauptlieferanten von Säugetierresten bei Riedern und Benken waren wohl die Graupensande (Kap. G 4), KIDERLEN's Grimmelfinger Schichten. Die Austernagelfluhen, Grimmelfinger und Kirchberger Schichten in der Graupensandrinne sind jünger als die schweizerischen Austernagelfluhen (Kap. K I 6, Kap. L). Die Kirchberger Schichten und die Melaniensande gehen in die OSM über, sind diesbezüglich also stratigraphisch äquivalent. HAUS' Bemerkung (: 59) über die Verteilung alpiner und germanischer Gerölle erinnert an eine Äußerung SCHALCH's (1921: 41). Danach fehlt in den „geröllführenden Meeressanden“, einer petrographischen Abweichung der Austernagelfluh, das ganze Sedimentärmaterial von vorwiegend kalkiger Beschaffenheit (Muschelkalk bis oberer Malm), das in der Austernagelfluh reichlich vorhanden ist. Es scheint sich um eine örtliche Erscheinung zu handeln. Denn alpines und germanisch-mesozoisches Geröllmaterial findet sich wie in der Austernagelfluh (Kap. I Analyse Nr. 32) auch in den Kirchberger Schichten der Eigentlichen und Erweiterten Graupensandrinne (Analysen Nm. 13, 16, 17 bzw. 22, 22a) und in den Melaniensanden (Nr. 35). KIDERLEN vermerkt (1931: 375 Profil 24) in den Kirchberger Schichten von Riedern neben alpinen Geröllern „sehr viel germanisches Sedimentärgerölle“. SCHREINER verweist (1970: 66, mit Lit.) auf alpine und Weißjura-Gerölle in den Graupensanden und Kirchberger Schichten von Benken. SCHOBER stellt (1989: 69) fest, daß das Graupensandkonglomerat bei Riedern alpine und subjurassische Komponenten führt und (: 80) daß das Geröllspektrum von Austernagelfluh und Melaniensanden völlig übereinstimmt. Wie auf S. 47 gesagt, hat die Napfschüttung laut FÜCHTBAUER, auch HOFMANN, Chatt bis in das Torton angedauert, wie auch vom nördlichen Hochgebiet Sedimente, darunter die „Helicidenmergel“, lange Zeit in die tief gelegene Graupensandrinne zugeführt wurden. Das bezeugen auch die langanhaltenden Schüttungen der Juranagelfluh, die am Nordwestrand der Graupensandrinne den Grimmelfinger und Kirchberger Schichten sowie darüber hinaus dem Torton eingeschaltet sind, indes ihre mergeligen Anteile weiter nach S verschwemmt wurden.

(f) VON BRAUN's (1954) Schichtbegriffe und -korrelationen wurden in Kap. G 3 f (: 44) besprochen und diskutiert.

(g) Laut HOFMANN (1967a: 197, 198 Abb. 6; 1967c: 5 Fig. 1) wechseln „Grimmelfingerschichten (Graupensande) mit Austernagelfluhen“ bzw. „Austernagelfluhen (Quarzitnagelfluhen)“ miteinander ab. „Die besonders in den Gruben Benken, Wildensbuch und Riedern mit dem Graupensand wechsellagernden Austernagelfluhen (Quarzitnagelfluhen) der Napfschüttung“ „zeigen das Wechselspiel zwischen Grobsandzufuhr aus E und marinen Sturzfluten aus W (1967a: 197; 1976: 7; s. Kap. G 4 a-c). Austernagelfluhen treten auch in den Kirchberger Schichten auf (1967a: 198 Abb. 6), „Austern- und Quarzitnagelfluhen“ auch im Grobkalkniveau von Bergen (OMM; 1967a: 193). Der Autor spricht auch (1955b: 8) von „Quarzitgeröllhorizonten“ in den Grimmelfinger Schichten und (1956a: 93) von „Quarzitgeröllhorizonte(n) der Graupen- und Feinsandrinne“. Er betont (1967a: 200; 1987: 20), „dass Austernagelfluhen (Quarzitnagelfluhen) kein stratigraphischer, sondern ein Faziesbegriff sind“ und daher in verschiedenen Niveaux vorkommen kön-

nen. HOFMANN gibt in seinem Beitrag zum Internat. Stratigr. Lexikon (1987: 20) folgendes „Originalzitat“ K. MILLER's (1877: 192) wieder: „Austernagelfluh. Eine grobe Nagelfluh mit zahlreichen Austern halte ich für die älteste marine Bildung, welche in dem ganzen Molassebecken vorkommt.“ HOFMANN nennt als „Synonyma: Quarzitnagelfluh, RUTSCH 1946: 409, bunte Nagelfluh des Vindobonien, Austermolasse, HEIM 1919: 67, 115.“ Im Abschnitt „Stratigraphischer Verband“ verweist HOFMANN (1987: 20) auf Austernagelfluhen in der Schweiz und in Niveaus der Baltringer Schichten, im Hangenden des Randengrobkalks sowie innerhalb der Graupensandrinne auf Austernagelfluhen in den Grobsandsteinen und den Kirchberger Schichten. Die Austernagelfluhen entstanden „vor allem zur Zeit des Helvétien-Zyklus der OMM, und innerhalb dieses Zyklus vor allem nach Ausräumung der Graupensandrinne“. HOFMANN führt (1987: 193-194) die Melaniensande WÜR-TENBERGER's (1870: 521-528) als Synonym der Kirchberger Schichten an.

Über HOFMANN's Begriff (1955b: 13; 1959: 68) „Feinsande (Samtsande)“ siehe unsere S. 17. Seine „Dreissensiamergel“ von Büttenhardt (1956a: 95) „sind das Äquivalent der Haldenhofmergel zur Zeit der Feinsandschüttung (Kirchbergerschichten) durch die nördliche Rinnenzone (HOFMANN, 1955)“ [1955b: 13]. Die Schwerminerale der dortigen Graupensande „erinnern stark an die Glimmersande, die Feinsande ... jedoch zeigen wiederum einen sehr individuellen, jedenfalls aber auch nicht alpinen Charakter.“ Die Geröllhorizonte der Graupen- und Feinsande weichen völlig von der alpinen Geröllkombination ab und weisen auf eine Herkunft aus dem Böhmischem Massiv [1967a: 195 aus ENE] hin. Laut HOFMANN (1959: 68) standen die „Dreissensia-Mergel“ im Kanton Schaffhausen „bereits im Einflußgebiet der von Osten einmündenden fluviomarinen Zufuhrinne“. Die über den Graupensanden von Benken, Wildensbuch, Schlatt und Riedern auftretenden „Feinsande (Samtsande)“ verraten eindeutig eine Verbindung mit dem sogenannten Oncophora-Meer im östlichsten bayrischen Molassebecken.“ Der Autor schreibt auch (1967a: 197), daß die Feinsande N Lohn und (: 199) die Mergel von Büttenhardt sedimentpetrographisch den aus E stammenden Graupensanden der Grimmelfinger Schichten, nicht aber den 'Samtsanden' (der Erweiterten Graupensandrinne) im Bodenseegebiet entsprechen. Laut briefl. Mitt. von Herrn HOFMANN ist „Dreissensia-Mergel ... ein alter Ausdruck für die Kirchbergerschichten in Mergelfazies in der Gegend von Lohn-Büttenhardt.“ — Über „Helicidenmergel“ siehe (j).

Diskussion zu (g)

Der Begriff „Austernagelfluh“ erscheint bereits bei den WÜR-TENBERGER's (1862: 719 Abb., 720) und bei F. J. WÜR-TENBERGER (1870: 472 etc., 507 ff., 554, Taf. XII; unsere Kap. G 3 a; H 1 a). Die Autoren benennen so die Schicht zwischen der USM und dem Melaniensand in der Eigentlichen Graupensandrinne des Klettgaus. Davon geht auch MILLER aus (1877: 13, 18, Taf. II Profil II), der wie WÜR-TENBERGER u. a. Eichleuck und Kaltwangen nennt, dann aber den Begriff „Austernagelfluh“ auch auf OMM-Schichten SW-Deutschlands, der Schweiz und Vorarlbergs anwendet (vgl. dazu HOFMANN 1987: 22). SCHALCH's „Austernagelfluh“ (ab 1921; 1922; s. Kap. G 3 d, e) entspricht jener WÜR-TENBERGER's, indes v. BRAUN (1954; Kap. G 3 f) den Begriff wie MILLER auf schweizerische Vorkommen überträgt. Weil aber der Begriff „Auster(n)agelfluh“ für einen Teil der Füllung der Graupensandrinne aufgestellt wurde, soll er nur hierfür verwendet werden. Die Füllung der Graupensandrinne ist jünger als alle OMM-Schichten (Kap. H 3, 4). Wenn man einige der letzteren auch Austernagelfluh benennt, besteht die Gefahr von Mißverständnissen, worauf schon KIDERLEN (1931: 332) verwiesen hat. Für bislang so benannte OMM-Schichten könnte RUTSCH's Begriff (1946) „Quarzitnagelfluh“ nach entsprechender Definition in Frage kommen. Demgemäß unterscheidet SCHÖBER (1989) (s. unsere Tab. 3: 51) eine „Quarzitnagelfluh“ an der Basis des 2. OMM-Zyklus und eine „Austernagelfluh“ in der BM.¹⁶

¹⁶ HABICHT führt (1987: 329) unter „Quarzitnagelfluh“ neben „Austernagelfluh“ drei weitere Schichten auf. — In der OSM Ostniederbayerns war seit 1939/1940 ein „Quarzitkonglomerat“ bekannt. Dessen neuerliche Umbenennung in

(h) EBERHARDT (1979: 58; s. Kap. G 3 g) bezeichnet als „Quarzitnagelfluh“ den kristallinen Anteil der „Austernnagelfluh“. Er leitet (: 61) aus Literaturangaben ab, daß Austernnagelfluh und Graupensande sich verzahnen und daher gleich alt sind. „Jetzt lassen sich aber auch zwanglos die Melaniensande mit den Kirchberger Schichten parallelisieren.“ Doch dann fährt er fort: „Nach HAUS (1951, S. 59) entsprechen die Kirchberger Schichten der Klettgauer Austernnagelfluh. Er [HAUS] begründet dies mit der basalen Füllung der erweiterten Graupensandrinne durch Quarzitnagelfluh ('Geröllmischhorizont', da auch Albsteingerölle führend) und Einschaltungen von Glaukonitsandstein (s. 56 ff.) innerhalb der eigentlichen Kirchberger Schichten. Der Geröllmischhorizont HAUS' läßt sich einem oberen Teil der Austernnagelfluh zuweisen, die Einschaltungen von marinem Glaukonitsandstein innerhalb der brackischen Kirchberger Schichten wären den alpinen Geröllagen innerhalb der Melaniensande zuzuordnen.“ Auf S. 65 führt EBERHARDT aus: „Der Turritellenkalk bildet nordwestlich des Bercherhofs die Grenze zwischen Austernnagelfluh (zeitgleich mit den Grimmelfinger Schichten) und Melaniensanden (= Kirchberger Schichten). Er kann zeitlich einem Teil des basalen 'Geröllmischhorizontes' in der erweiterten Graupensandrinne entsprechen bzw. dessen Basis markieren (vgl. S. 61; HAUS, 1951, S. 56 ff.; BRAUN, 1953, S. 152).“ Und: „Sieht man die Austernnagelfluh als das ausräumende Element an, so ist eine Zeitgleichheit mit den Melaniensanden, d. h. den Kirchberger Schichten zu postulieren.“ In der Zusammenfassung wird (: 66) gesagt: „Der höhere Teil der Austernnagelfluh ist mit dem basalen Geröllmischhorizont der erweiterten Graupensandrinne zu verknüpfen. Darüber folgen die den Kirchberger Schichten ('Samtsande') entsprechenden Melaniensande, in denen sich die Aussüßung vollzog. Sie stammen wie die Quarzitnagelfluh vom Napffächer.“

Diskussion zu (h)

Der Begriff „Quarzitnagelfluh“ bezieht sich nicht auf den kristallinen Anteil der Austernnagelfluh; er war bisher ein Synonym für die gesamte Austernnagelfluh (s. Abschnitt g). Das Wort „Quarzitnagelfluh“ kommt bei HAUS nicht vor. Auch kann dessen 'Geröllmischhorizont' nicht als „Quarzitnagelfluh“ (im Sinne von Austernnagelfluh) bezeichnet werden, die stratigraphisch und petrographisch verschieden sind. Die Schichtkorrelationen: Austernnagelfluh = Graupensande und Melaniensande = Kirchberger Schichten treffen nur teilweise zu (s. Diskussion zu d und Kap. H 2). Dem widersprechen die dann folgenden Korrelationen, wie sie in dieser Form auch nicht aus HAUS (1951: 59) herzuleiten sind. Der Turritellenkalk ist ein Teil der OMM, die zusammen mit den Helicidenschichten und dem Albstein den Nordwestrand der Graupensandrinne aufbaut (vgl. SCHÖBER, unser Kap. G 3 i). Die Austernnagelfluh ist nicht „das ausräumende Element“, zumal EBERHARDT (: 60-61) Austernnagelfluhen in und über Graupensanden anführt. Die Austernnagelfluh bildet dort, wo sie dem Oberjura bzw. der USM aufsitzt (: 59), die tiefste Schicht in der ausgeräumten Graupensandrinne.

(i) Laut HECKEL (1983: 62, 58; Kap. G 3 h) sind die Austernnagelfluhen und die Graupensande wegen ihrer Verzahnung (eigene Beobachtungen und Verweis auf WÜRTEMBERGER 1870: 487) altersgleich. Die Melaniensande entsprechen den ausklingenden Graupensandschüttungen, mit denen sie sich verzahnen, im wesentlichen aber den Kirchberger Schichten.

Diskussion zu (i)

Die tieferen Graupensande sind älter, die jüngeren gleich alt wie die Austernnagelfluh (Disk. zu d und j). Die Melaniensande entsprechen nur den Kirchberger Schichten (Abschnitt 2).

(j) ZÖBELEIN (1985a: 44 ff.) und HOFMANN (1987: 152-153) (jeweils mit Literaturnachweisen) berichten über die regionale und stratigraphische Verbreitung der Helicidenmergel. SAIER's Ausführungen über die Helicidenmergel als Variante des Albsteins im Hegau wurden in Kap G 1 c bespro-

„Quarzkonglomerat“ erscheint nicht glücklich, da es sich um ein Konglomerat aus Quarzen mit quarzitischem Bindemittel handelt. Beide Namen sollten als präokkupiert gelten.

chen. Laut HOFMANN präsentieren „die sehr gering mächtigen Albstein-Helicidenmergel eine sehr lange Zeit terrestrischer Exposition, ... die vom Helvétien bis in die älteste OSM hineingereicht haben könnte.“ Er verweist auf Vorkommen u.a. S Basel und im Berner und Neuenburger Jura.¹⁷ HOFMANN's Hinweis, daß MOESCH (1857: 70) „auch noch rote Mergel innerhalb der OSM als Helicidenmergel [damals und teils vor JOOSS 1923 als Helicitenmergel] bezeichnet“, können rote Mergelschwemmungen in die tiefe tortonische OSM nach KIDERLEN (1931: 153) und ANDRES (1951: 23) zur Seite gestellt werden. Sie finden sich auch in randnahen Sedimenten der Eigentlichen Graupensandrinne wie in der Juranagelfluh, im Breccien- und Sandkalk (SCHOBER 1989: 87, 89) und selbst über dem Albstein (HOFMANN 1976: 6 Fig. 4 Nr. 3). Im nordwestlichen Albsteingebiet liegen sie im allgemeinen auf einem Relief der 11-12 bzw. 10-15 m mächtigen Deckschichten (KIDERLEN 1931: 241, 261) oder auf OMM. Den Bereich der südöstlichen Albsteinfläche hat die Einschwemmung roter Mergel nicht mehr erreicht.

Ich habe (1985a: 44) als „Helicidenschichten“ jene eingeschwemmten roten Mergel definiert, die schichtbildend unter dem Albstein liegen und Landschnecken des Helvet (= Otttang) führen. Aus nomenklatorischen Gründen und zur Unterscheidung von nicht derartig definierten „Helicidenschichten“ (etwa bei KIDERLEN 1931: 341-342; NÄGELE 1962: 102, 108) nenne ich sie nun Heliciden-Schichten. Angesichts der weiten räumlichen und stratigraphischen Verbreitung der „Helicidenmergel“ wird man diesen eingeführten Begriff im weiteren Sinne beibehalten müssen. Davon sind die „Heliciden-Schichten“ dann nur eine untergeordnete Einheit. Die Helicidenmergel (und Heliciden-Schichten) enthalten, wie bei ZÖBELEIN (1985a) zu ergänzen ist, „in den meisten Fällen ... auch Einwehungen von vulkanischem Flugstaub, dessen Herkunft noch nicht sicher abgeklärt ist“ (HOFMANN 1987: 153, mit Hinweis auf fünf diesbezügliche Veröffentlichungen des Autors, dazu SCHREINER 1970: 88; STUMM 1964: 176). Die Fazies der Helicidenmergel kann man nach ihrem Ablagerungsmilieu als marin-brackisch-limnofluviatil, jene der Heliciden-Schichten (wie ZÖBELEIN 1985a: 48) als limnisch-fluviatil und nach ihrer Entstehung auf den Hochflächen über dem Molassebecken insgesamt (wie SCHREINER 1970: 59; HOFMANN 1987: 153) als „terrestrisch“ bezeichnen.

Über den oberhelvetisch-untertortonen Hiatus (im Oberotttang mit Unterkarpat) siehe S. 35 und 91. Er beginnt mit der Zerschneidung der zunächst wenig über Meereshöhe gelegenen, zusammenhängenden Albsteinfläche, schreitet mit der Eintiefung der Graupensandrinne fort und endet mit der Auffüllung durch OSM. Bei deren Übergreifen auf das nördliche Rinnenvorland entstanden die von KIDERLEN (1931: 342 ff.), ANDRES (1951) und NÄGELE (1962) beschriebenen tortonen Süßwasserseen und -kalke.

(k) SCHOBER (1989; s. unser Kap. G 3 i) zählt (: 66-67, Tab. 8 = unsere Tab. 3: 51) zur BM die Graupensande, darüber die Austernagelfluh und darüber die Melaniensande, beide hauptsächlich aus der Napf-Schüttung (: 74, 80, 67). Sein „Übersichtsprofil des Tertiärs im Klettgau“ (1989: Abb. 23) zeigt, daß die Graupensande stellenweise erosiv in die OMM hinabgreifen und von Austernagelfluh mit den hangenden Melaniensanden überdeckt werden.¹⁸ SCHOBER (: 90): „die Austernagelfluh des Klettgaus entspricht im nordwestlichen Bodenseegebiet dem alpinen Geröllhorizont (Mischgeröllhorizont) an der Basis der Kirchberger Schichten, während die Melaniensande des Klettgaus den Samtsanden der Kirchberger Schichten entsprechen (HAUS 1951: 59).“

¹⁷Die Literatur zur Stratigraphie und Fossilführung von Le Locle (17 km WNW Neuchâtel, Westschweiz) habe ich (1983: 168) in Betracht gezogen. Auf dieses Gebiet verweisen auch BÜCHI & HOFMANN (1960: 13, 20) und HOFMANN (1976: 5) (zitiert in LEMCKE 1985: 16). Laut FAVRE & a. (1937: 9 Fig. 3) liegen in der Synklinale bei La Chaux-de-Fonds – Le Locle „Marnes rouges“ (Äquivalente der Helicidenmergel) auf der „Molasse marine“ des Helvétien und der „Gompholithe“ (Äquivalent des Algen-, Krustenkalks, Albsteins) auf Portlandien und Molasse marine. Beide verzahnen sich bei ihrem Zusammentreffen und werden von „Oeningien“ (Torton, Silvana-Schichten) überlagert.

¹⁸Auf Anfrage teilt Herr SCHOBER mit: „Die Graupensande sind überwiegend der USM und dem Weißen Jura aufgelagert, nur im W-Hang des Käzlers (Profil 1) liegen sie auf einem räumlich engumgrenzten Vorkommen von OMM. D. h. vor Ablagerung der Graupensande wurde die OMM im Blattgebiet durch die Herausbildung der Graupensandrinne zum Großteil erosiv entfernt.“

Diskussion zu (k)

Mit der Aufeinanderfolge von Grimmelfinger Graupensanden und Austernagelfluh stimme ich überein (Disk. zu d und Abschnitt 2), halte allerdings HECKEL (i) zufolge eine Verzahnung von oberen Teilen der Austernagelfluh mit Grimmelfinger Schichten für gegeben. Wie in den Abschnitten d, e und 2 ausgeführt wird, sind die Schichten unter den Ablagerungen der brackischen Ingression älter als die während und nach der brackischen Überflutung sedimentierten. Das geschlossene Paket der Austernagelfluh kann daher nicht mit dem Mischgeröllhorizont korreliert werden. Die 10-25 m mächtigen Melaniensande (SCHÖBER: Tab. 8 auf unserer S. 51) entsprechen dann den bis 22 m mächtigen Kirchberger Schichten der Eigentlichen Graupensandrinne (unsere Abb. 4: 12 Nrn. 6+7) und im oberen Teil jenen der Erweiterten Graupensandrinne (Nrn. 8+9).

H (2) Allgemeines zu den Schichtbegriffen und Schichtkorrelierungen

Zur Ablagerungszeit der Rinnenfüllung vor der OSM (Grimmelfinger und Kirchberger Schichten, Austernagelfluh und Melaniensande sowie Juranagelfluh) bewirkte die tiefe Lage der Graupensandrinne als Vorfluter große Erosionen beim SE- und NW-Rand der Rinne und in deren Rückland. Das bezeugen die gewaltigen Sedimentmassen und die z. T. großen Gerölle. Die Materialzufuhr aus NE-Bayern durch den Graupensandfluß hielt während der OMM bis in und teils über deren Deckschichten und während der Rinnenfüllung an. In letztere sind mächtige Grimmelfinger Schichten bis zu den vier großen Graupensandgruben belegt (Kap. G 4). Die Zufuhr alpinen Materials durch die Napfschüttung erfolgte von der USM bis in die OSM, besonders sand- und geröllreich im Helvétien (HOFMANN 1987: 285 ff.). Ihr Haupteintritt in die Graupensandrinne lag besonders im südwestlichen Hegau, wo sie die Region der vorwiegenden Austernagelfluh bildete. Die Sedimentation in der Rinne war vor der brackischen Transgression fluviatil (Kap. K I 6; M) bis fluviatil-limnisch, im Brackwasser noch durch Strömungen infolge der einmündenden Flüsse beeinflusst. Das Zusammenwirken der NE-, SW- und NW- (= Juranagelfluh- und deren Mergel-) Schüttung führte zu einem Wechsel in der horizontalen und vertikalen Sedimentverteilung innerhalb der Graupensandrinne und zu Verzahnungen, besonders im Gebiet zwischen der vorherrschenden NE- und SW-Schüttung. Daher ist das Vorkommen einzelner Graupensand- oder Konglomeratlagen schwierig stratigraphisch auszuwerten. Das Kriterium für eine Stratifizierung und Korrelierung der Schichten ist die brackische Transgression. Die Absenkung der Graupensandrinne auf und unter Meeresniveau zur Zeit der Kirchberger Schichten hat sich dämpfend auf die Schüttungen ausgewirkt und sie teils zu Deltabildungen im Brackmeer veranlaßt.

H (3) Zur „Süßbrackwassermolasse (SBM)“

LEMCKE & a. hatten (1953: 28-44) den Fazies-Begriff „Süßbrackwassermolasse“ für ein wenig erforschtes Gebiet etwa 13,7 km W der Iller bis 50 km E des Lechs (Taf. I) und vornehmlich nach Counterflush-(CF-) Bohrungen aufgestellt und definiert (: 35, 94). LEMCKE hat (1972: 30²; 1973: 15⁴) die SBM gegen die Ablehnung durch SCHLICKUM & STRAUCH (1968: 336) verteidigt und (1977: 479-480) die Anwendung des Begriffes durch SCHREINER (1976: 16) kritisiert. SCHREINER hatte dort über die „Brackwassermolasse (BM)“ in der Graupensandrinne erklärt: „Etwas anderes ist die Süßbrackwassermolasse, die südlich der Albsteinschwell den Übergang von der OMM in die OSM bildet (LEMCKE & a. 1953).“ [Damit hatte er bereits die unten begründete Auffassung vertreten.] LEMCKE wendet den Begriff SBM (1984: 384 Abb. 7; 1988: 42, 43) wie inzwischen zahlreiche Autoren auf Ablagerungen in Baden-Württemberg und Bayerisch-Schwaben, aber auch auf die Brackwassermolasse in Ostniederbayern an. In ZÖBELEIN (1985b: 234) hat LEMCKE die wahrscheinliche „ungefähre Verknüpfung der SBM-Sedimente“ westlich des Lechs tabellarisch dargestellt. WERNER hat (1975: 36¹, 55 ff.) LEMCKE's Begriff „Süßbrackwassermolasse“ für sein Gebiet wie SCHREINER (1976; s. oben) abgelehnt, DOPPLER (1989: 96) ihn wegen der Vielfalt der Ablage-

rungen des gesamten Komplexes“ für die nördliche Vorlandmolasse Bayerisch-Schwabens beibehalten. ZÖBELEIN hat (1985b: 221 Nr. 49 ff., 226 ff.) die Aussagen LEMCKE's & a. über die SBM referiert und Einwände dagegen erhoben, den Begriff aber entsprechend der Definition LEMCKE's & a. für deren Gebiet wie auch für die Graupensandrinne beibehalten (1985b: 221 Nr. 49 u. Tab. 1, 6. Profil bzw. 1991: 132 Tab. 1 Nr. 5 A). Neuere Überlegungen haben zur Erkenntnis geführt, daß der Begriff „Süßbrackwassermolasse“ nicht mehr länger auf die Füllung der Graupensandrinne samt den Sedimenten Ostniederbayerns bezogen werden kann:

Die Definition der Süßbrackwassermolasse LEMCKE's & a. (1953: 35, 94) besagt, daß „durch die Oberkante der OMM im Liegenden und die relativ fossilreichen, zum Teil schwach brackischen Sedimente im Hangenden ein zeitlicher Rahmen gegeben (ist), in den sich faziell ganz verschiedene Bildungen einordnen lassen“.¹⁹ Zur SBM gehören u. a. „im Norden die fluviatilen Graupensande und die vollbrackischen Kirchberger Schichten sowie der Albstein.“ LEMCKE & a. korrelieren (1953: 93 Abb. 31) über OMM „Albstein (Schwelle)“ mit den Graupensanden und Kirchberger Schichten und beziehen auch die Bithynien-Schichten in die SBM ein, worüber OSM folgt.

Diskussion

Die Graupensande liegen in der Graupensandrinne auf USM oder Weißjura, wie auch LEMCKE in ZÖBELEIN (1985b: 234) angibt. In der Rinnenfüllung fehlt der Albstein, indes er in den Bohrungen der Autoren definitionsgemäß, nach Taf. I, II, VII meistens auf OMM liegt. Außerdem ist der anstehende Albstein älter als die Grimmelfinger Schichten (Abb. 4: 12 u. Erl.). Deshalb können beide auch in der SBM nicht miteinander korreliert werden (opp. LEMCKE in ZÖBELEIN 1985b: 234). LEMCKE & a. unterscheiden (1953: 31 ff., Taf. II, VII) zwischen (anstehendem) „Albstein i. e. S.“ und „Albstein i. w. S.“ sowie „Albstein-Andeutungen“ in ihren Bohrungen. Dafür heißt es auch (: 40 Abb. 6) „Kompakter Albstein“ auf der „Albsteinschwelle“ und „Schwacher Albstein“, der (: 43 Abb. 8) mit der „Versunkene(n) Albsteinschwelle“ nach S untertaucht. Laut NÄGELE (1962: 55-56, 58 ff., 111 Nr. 8; s. ZÖBELEIN 1985a: 81; 1985b: 229-231) gibt es in den Bohrungen LEMCKE's & a. keinen typischen Albstein. Deren „Albstein i. w. S.“ bezeichne ich deshalb als Pseudo-Albstein, wozu die Albstein-Andeutungen gehören.

Die anstehende Albsteinschwelle (HAUS: „Albsteinplatte“) aus kompaktem Albstein (s. str.) grenzt von Owingen (4 km N Überlingen) bis Walpertshofen (rd. 5 km ENE Baltringen) auf 70 km Länge an die Graupensandrinne an (NÄGELE 1962: 49, 55 Abb. 1 zu S. 48; s. LEMCKE 1972: 35 Fig. 6, 36). Sie ist 10 bzw. 8 km (NÄGELE: 44 bzw. 55), nach SCHREINER 10 km breit (siehe unsere S. 12 Abb. 4 Nr. 1b und Bemerkung). Laut HAUS (1951: 62) taucht die Oberfläche der Albsteinplatte im Bodenseegebiet mit $\pm 3\%$ Gefälle unter die OSM ab. Das Gefälle war zur Zeit der Kirchberger Schichten und an der Wende zur OSM wesentlich geringer als das heutige, „das zum größten Teil auf Rechnung der späteren Tektonik gesetzt werden muß.“ „Die Albsteinplatte tauchte von ihrer Kante ab gegen Südosten allem [Anschein] nach unter Wasser. 17 km beckeneinwärts, in der Gegend von Bermatingen (nördlich Meersburg) sind ... noch Anzeichen für einen, wenn auch geringen stratigraphischen Hiatus zwischen Oberer Meeresmolasse und Oberer Süßwassermolasse vorhanden.“ Und (1952: 28): „Südlich der erwähnten Schwellenzone geht der Albstein in eine beckenwärts

¹⁹ An meist seltenen brackischen Mollusken, oft deren Resten in der SBM des Augsburgs Raumes werden genannt in Aichach 1005 Cardien, Congerien und Hydrobien im Kern 254,7-254,8 m Teufe; in Hohezell 1001 fragliche Congerien in den Kernen 335,0-336,0 und 349,0-350,3; in Scherstetten 1 Cardien, Congerien und Hydrobien im Kern 387,0-391,3 (LEMCKE & a. 1953: Fossilisten A 5, A 7-8, Taf. II und VII; ZÖBELEIN 1985b: 227 Tab. 2. Die Angaben über die Makrofossilien der Bohrungen stammen aus Berichten ZÖBELEIN's an die Ölfirnen; über Scherstetten 1 siehe auch ZÖBELEIN 1955: 22). — In der SBM von Aichach 1005 und Hohenzell 1001 wie auch in weiteren Bohrungen kommen Glaukonit und „Foraminiferen wie in der OMM“ vor. Sie sind in die als „Nachweisbar marin-brackisch“ markierten Sedimente in den Bohrungen Aichach 1002 und 1009 (Taf. VII) aus der OMM eingeschwemmt worden. Denn marine Bestandteile können infolge unterschiedlicher Salzverträglichkeit nicht mit brackischen und limnischen im gleichen Biotop vorkommen. Für Umlagerungen sprechen auch die zahlreichen Fossiltrümmer und die Mergelgerölle.

anwachsende Folge von Süßwasserschichten über. Dabei tritt an die Stelle des stratigraphischen Hiatus des Albsteins mehr und mehr ein normaler Uebergang zur hangenden Oberen Süßwassermolasse.“ NÄGELE nimmt (1962: 58) unter Hinweis auf HAUS (1951: 62) im „Übergangsbereich OMM-OSM“ der Bohrung Baitenhausen (3,3 km NE Meersburg) „eine geringe Sedimentationsunterbrechung“ an. laut NÄGELE (: 59) kann man aus einigen, evtl. albsteinähnlichen Kalkbröckelchen in den Bohrungen Bermatingen NE Meersburg (HAUS 1951: 62) und Fronhofen bei Saulgau (VOLZ 1957: 42) entnehmen, „daß der typische Albstein gegen Süden in eine mergelig-sandige Fazies übergeht.“ In meinem Bericht vom 10. 10. 55 an die Wintershall-AG. (Dr. HAUS) über Mollusken in der Bohrung Baitenhausen werden im Kern 293,2-296,6 m genannt: Characeen, die limnischen (bis schwach brackischen) *Bithynia*, *Radix*, *Planorbarius*, *Gyraulus*, ferner unter zahlreichen Molluskenschalenresten solche von Landschnecken, daneben Knochensplitter und 4 Exemplare der (marinen bis brackischen) *Hydrobia*. Die Kernstrecke läuft in den Erläuterungen zur Molassekarte (1955: 91) unter „OSM“. Der Fund von Hydrobiden beweist, daß SBM mit „albsteinähnlichen Bildungen“ (NÄGELE 1962: 55) auch am Bodensee vorkommt, was LEMCKE & a. (1953: 35) und LEMCKE (1974: 479) unbekannt war. Ein Übergang von der OMM in die OSM ohne zwischengeschaltete brackische Sedimente ist also in diesem Gebiet (wie auch nordostwärts) nicht anzunehmen. Somit kann auch die Überlegung von HAUS (1952: 28) kaum zutreffen, daß „an die Stelle des stratigraphischen Hiatus des Albstein mehr und mehr ein normaler Uebergang zur hangenden Oberen Süßwassermolasse“ tritt. Der Hiatus erinnert an den Oberottnang-Unterkarpat-Hiatus über dem Albstein außerhalb der Graupensandrinne (ZÖBELEIN 1991: 132 Tab. 1 Nr. E 4).

Die Albsteinschwelle LEMCKE's & a. (Lageskizze auf Taf. I) verläuft an der Iller mit ihrem NW-Rand ca. 12,5 km, mit ihrem SE-Rand ca. 26,5 km querab von der Donau bei Ulm. Der NW-Rand der Graupensandrinne zieht nach der Molassekarte (1954) etwa an der Donau bei Ulm, ihr SE-Rand ca. 8,4 km quer dazu durch. Die Albsteinschwelle der Autoren grenzt mit ihrem NW-Rand also nicht wie die HAUS'sche Albsteinplatte vom Bodensee bis Walpertshofen an die Graupensandrinne an. Im Illergebiet liegen keine CF-Bohrungen auf der Albsteinschwelle; auch 25 km nordöstlich der Iller liegt die Bohrung Krumbach 1006 nur knapp jenseits von deren SE-Grenze. Die NW-Begrenzung der Albsteinschwelle ist somit nicht belegt und weicht hinsichtlich ihrer Lage zur Graupensandrinne von jener im SW ab. Die SE-Begrenzung beruht auf Vorkommen des [Pseudo-] Albsteins, dessen Oberkante „jedenfalls in N-S-Richtung ... nicht als altersgleich anzusehen“ ist (LEMCKE & a.: 39). Wie der anstehende Albstein im Bodenseegebiet, so geht auch in den Bohrungen Biberach 1001, 1002 und 1004 „der Albstein im Süden in eine mergelig-sandige Fazies über“ (NÄGELE 1962: 59 bzw. 60). Das spricht für limnische bis schwach fluviatile Absatzbedingungen. Kalke in den Bohrungen der Augsburger Gegend erinnern NÄGELE (: 61) an Süßwasserkalke, „die unter Wasserbedeckung entstanden sind.“ — Daher ist der Charakter der „Albsteinschwelle“ als „Schwelle“ als „Schwelle“ im Gebiet LEMCKE's & a. zu bezweifeln. In der Bohrung Aichach 1005, die auf der Albsteinschwelle liegt, bezeugen brackische Mollusken etwa 23 m über SBM-Basis und etwa 3 m über einer Albsteinbank (Taf. VII) eine Sedimentation um Meeresebene. LEMCKE's Korrelierungen (zuletzt in ZÖBELEIN 1985b: 234) und NÄGELE's Faziesaussagen sprechen dafür, daß auch südwestwärts keine Schwelle vorliegt. Die „Versunkene Albsteinschwelle“ der Autoren (LEMCKE & a. 1953: 40, Taf. VII; NÄGELE 1962: 100, Abb. 1) bezeichne ich daher als Pseudo-Albsteinschwelle. Der HAUS'sche Begriff der anstehenden und südwärts eintauchenden „Albsteinplatte“ vermeidet diese Unstimmigkeiten.

Gegen das Vorkommen der SBM „im ganzen Molassebecken“ (LEMCKE 1973: 15⁴; 1977: 479) ist einzuwenden, daß der echte Albstein anstehend nur bis Walpertshofen nachgewiesen ist und daß „albsteinähnliche Bildungen“ in den CF-Bohrungen laut NÄGELE (1962: 55-56) ca. 15 km östlich des Lechs allmählich aufhören bzw. (: 62, 111) nicht mehr vorkommen. Östlich davon trifft die Defi-

nition der SBM nicht mehr zu.²⁰ Außerdem ist zu bedenken, daß die Kirchberger Schichten und die Oncophora-Schichten Ostniederbayerns ausweislich ihrer Faunen und Absatzbedingungen in getrennten Becken [-teilen ?] entstanden sind (SANDBERGER 1874: 555; SCHLICKUM & STRAUCH 1971). LEMCKE's ausweiterter Begriff „SBM“ kann durch die Aussage ersetzt werden, daß deren brackischer Teil in der nördlichen Vorlandmolasse Süddeutschlands als Obere Brackwassermolasse (OBrM; OBM = Obere Bunte Molasse) zwischen OMM und OSM liegt. Die Untere Brackwassermolasse (UBrM) umfaßt die chattischen Cyrenen-Schichten Oberbayerns, die Schichten mit „Cyrenen der stampischen Molasse am Alpennordrand“ (BAUMBERGER 1934a) und die „Untere Marin-Brackwasser-Molasse (Rupélien)“ der Bohrung Scherstetten 1 (HAUS 1952: 25).

H (4) Resultate der Schichtbenennungen

(a) Über SCHALCH's Benennungen der nachmaligen Grimmelfinger Schichten bzw. Graupensande und der Kirchberger Schichten siehe S. 63, über HOFMANN's „Dreissensiamergel“, „Dreissensia-Mergel“ S. 66, „Hegaumergel“ = Haltenhofmergel = Juranagelfluh-Mergel z. T. S. 67 und ZÖBELEIN 1985b: Nrn. 19 u. 31.

(b) Die Ränder der Graupensandrinne werden durch die OMM (i. e. S., s. str.) gebildet, wozu im weiteren Sinne deren Ausklänge, nämlich die brackischen bis limnischen Deckschichten, die limnofluviatilen Heliciden-Schichten und der Albstein zählen (OMM i. w. S., s. l.).

(c) Der Begriff „Helicidenmergel“ muß als übergeordnete Einheit beibehalten werden. Hiervon sind die von ZÖBELEIN (1985a: 45) definierten „Helicidenschichten“ des Oberhelvet = Oberottnang, jetzt Heliciden-Schichten geschrieben, nur ein untergeordneter Teil (Kap. H 1 j).

(d) Die Füllung der Graupensandrinne kann nicht als OMM und als BM bezeichnet werden, denn sie wird im tieferen Teil durch die fluviatilen Grimmelfinger Schichten (Kap. K 6) und Austernagelfluhen und darüber durch die brackischen Kirchberger Schichten und Melaniensande gebildet. Diese Schichten stellen faziell also die fluviatil-brackische, stratigraphisch die oberhelvetische = oberottnangisch/unterkarpatische Rinnenfüllung dar. Den höheren Teil der Rinne füllt tiefe OSM auf, die faziell als nachbrackische, stratigraphisch als untertortone = oberkarpatische Rinnenfüllung bezeichnet werden kann (s. SCHÖBER, unsere Tab. 3: 51; ZÖBELEIN 1991: Tab. 1). [1991 muß es bei E 4 Oberottnang-Unterkarpat heißen.]

(e) Die Grimmelfinger Schichten umfassen körnungsmäßig recht verschiedene Sedimente. Ihre Graupensande bzw. „Glassande“ sollten daher mit MOOS (1925) als Grimmelfinger Graupensande (statt als „Grimmelfinger Schichten“) bezeichnet werden. Dadurch werden sie auch von den „Grobsanden“ unterschieden, unter welchem Namen solche der OMM und OSM teils auch die Graupensande der Rinnenfüllung laufen (s.: 17). Die unvermengten feinkörnigen Bestandteile der Grimmelfinger Schichten sind zufolge ihrer Herkunft aus dem ostbayerischen Kristallin Tone.

(f) Der Begriff „Süßbrackwassermolasse (SBM)“ kann weder auf die Füllung der Graupensandrinne noch auf das ganze Molassebecken bezogen werden. Der brackische Teil der SBM gehört zur Oberen Brackwassermolasse (OBrM), die in der nördlichen Vorlandmolasse zwischen OMM und OSM liegt (s. ZÖBELEIN 1994: 90-91). Den „Albstein“ LEMCKE's & a. (1953) nenne ich Pseudo-Albstein, deren „Albsteinschwelle“ Pseudo-Albsteinschwelle. Statt Albsteinschwelle erscheint der HAUS'sche Begriff „Albsteinplatte“ passender (Kap. H 3).

(g) Die Begriffe „Astrobleme“ und „Aletonite“ (: 34 ff.) können entfallen.

(h) Die Kirchberger Schichten zwischen Meßkirch und Riedern (Abb. 4: 12 nebst Quellen und Anmerkungen) bestehen in der Eigentlichen Graupensandrinne aus der Tonmergelfazies (Nr. 5) (statt

²⁰ „Albsteinandeutungen“ bzw. „Albsteinknollen“ in den Pliening-Bohrungen auf GK 25 Nr. 7736 Ismaning, 18 km NE München belegen keinen Zusammenhang mit der SBM LEMCKE's & a. im W; s. ZÖBELEIN 1985b: 237 Nr. 75.

„Ton“- bzw. „Mergel“-Fazies), der Geröll- und Sandfazies (Nr. 6) und den Feinsanden (Nr. 7). Die in derem Hangenden örtlich auftretenden „Übergangsschichten“ und die dann folgenden, weiter verbreiteten „Kalkbänke“ führen vereinzelt brackische Mollusken und gehören daher noch zu den Kirchberger Schichten und nicht zur OSM (: 19 zu Nr. 10). — Bei den Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne sollte der Mischgeröllhorizont (Nr. 8, ohne Namensvarianten) zwecks Unterscheidung von Nr. 6 nicht unter „Bodensee-Fazies der Kirchberger Schichten“ bzw. „Kirchberger Geröllfazies des Bodenseegebietes“ (HAUS 1951: 56, 57) laufen. Die Samtsande (Nr. 9) wären durch diese für sie reservierte Benennung von den körnungsmäßig ähnlichen oder gleichen, herkunftsmäßig aber verschiedenen „Feinsanden“ (Nr. 7) zu unterscheiden (: 18). (Über HAUS' Schichtbegriffe s. Kap. F 3: 13)

(i) HOFMANN (1990): „Eine direkte Parallelisierung der Brackwassermolasse auf dem Reiat mit den Vorkommen am Cholfirst (Benken-Wildensbuch) und bei Griessen-Riedern am Sand ist nicht möglich“, wie Untersuchungen über die Materialherkunft mittels Schwermineralspektren ergaben. Demzufolge müßte man zwischen Reiat-BM und Cholfirst-Riedern-BM unterscheiden.

(j) Der Begriff „Austernagelfluh“ (früher teils „Austernagelfluh“) wurde für Sedimente der Napfschüttung in der Graupensandrinne erstellt und soll hierfür vorbehalten bleiben. Diesbezüglich könnte man präzisierend auch von Rinnen-Austernagelfluhen, deren Bänken oder Horizonten sprechen. Ihnen stehen die OMM-Austernagelfluhen (evtl. mit der zu benennenden Schicht) gegenüber. Die Begriffe „Quarzitnagelfluh“, „Quarzitnagelfluhbänke“ oder „Quarzitnagelfluhhorizonte“, die bisher auch auf die Rinnenfüllung angewandt wurden, wären zwecks nomenklatorischer Unterscheidung auf alpine Schüttungen in der OMM (besonders die Napfschüttung) zu beschränken.

(k) Die Bezeichnung Melaniensande (früher und teils heute noch „Melaniensand“) wird wegen der wechselnden Beschaffenheit des Sediments bevorzugt (vgl. Grimmelfinger und Kirchberger „Schichten“). Der Begriff wird wegen seiner herkömmlichen Verwendung und der Lagerung der Melaniensande über der Austernagelfluh beibehalten.

H (5) Resultate der Schichtkorrelierungen

Aus den Abschn. 1 u. 2 ergeben sich folgende Korrelierungen: Die Grimmelfinger Schichten sind in ihrem tieferen Teil älter als die Austernagelfluh, in ihrem höheren Teil gleich alt (Diskussion zu d: 76). Die Breite der Typusfazies (Tonmergelfazies) der Kirchberger Schichten (Tab. 4 Nr. 5) wurde wahrscheinlich reduziert. Dafür sprechen auch die Angaben von WERNER (2-3,5 km) und SCHREINER (1-2 km) (s.: 15). Dann ist die ausräumende Kirchberger Geröllfazies (Abb. 4 Nr. 6) jünger als Nr. 5. Es entsprechen sich der obere Teil von Nr. 6 und die Nr. 8 sowie die Nm. 7 u. d. 9. Die Kirchberger Schichten der Eigentlichen Graupensandrinne (Abb. 4 Nm. 5-7) sind gleich alt wie die Melaniensande. Deren oberer Teil ist so alt wie die Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne. Dementsprechend sind die Juranagelfluh in den Graupensanden, den Austernagelfluhen und Melaniensanden der Eigentlichen Graupensandrinne einzuordnen, desgleichen ihre feinerkörnigen Äquivalente rinneneinwärts.

I. Sedimentologische Analysen aus der Füllung und teils aus den Rändern der Graupensandrinne im weiteren Bodenseegebiet

Die hier nicht erfaßte Juranagelfluh hat SCHREINER 1961 und 1965 eingehend untersucht und in seinen Kartenerläuterungen (besonders 1966a; 1970; 1983) behandelt. Sedimentologische Analysen hierüber finden sich auch bei SAIER (1985: 173 nr. 30, 1979 Nr. 40). Solche aus HOFMANN's Erläuterungen zu Blatt Beggingen (1990) werden nicht mehr aufgeführt.

(a) Grimmelfinger Schichten

1.) BERZ (1915: 324-329, ohne %; s. Nr. 28) Gerölle aus „marinen Sanden“ von Benken und (: 329-336) von Lohn, Stetten und Büttenhardt (s. Kap. G 4 a, G 2 a, b, d). 2.) MOOS (1925: 212) Körnung der „eigentlichen Graupensande“. 2a.) FISCHLI (1930: 133) Chemische Analyse der Quarzsande von Benken. 3.) v. BRAUN (1955: 163) Quarzkornanalysen von Benken und Riedern a. S. 4.) HOFMANN (1955b: 10 Tab. I) Körnung der Graupensande von Wildensbuch, deren (: 11 Tab. II) Schwerminerale und (: 12 Tab. III) Gerölle. 5.) HOFMANN (1957: 298-299 Nr. 50) Schwerminerale und Karbonatgehalt von Benken. 6.) BÜCHI & HOFMANN (1960: 18 Tab. II Nr. 27) Schwerminerale von Wildensbuch (s. Kap. G 4 b). 7.) HELING (1966) Korngrößenverteilung, Mineralinhalt und z. T. Rundungsgrad von Riedern. 8.) SCHREINER (1966a: 55 Nr. 10 „nach HOFMANN 1957, S. 298“) Schwerminerale und Karbonatgehalt von „Wildensbuch“ [lies Benken]. 8a.) SCHREINER (1978: 24 Tab. 3 Nrn. 2-3) Schwerminerale von Honstetten. 9.) SAIER (1985: 175 Probe 33) „Graupensande der Süßbrackwassermolasse“ vom NW-Rand des Wasserburger Tals, Gesteinscharakter, Schwerminerale in Auswahl oder nicht genannt.²¹

(b) Kirchberger Schichten der Eigentlichen Graupensandrinne

10.) KIDERLEN (1931: 375 Nr. 25, nach GUTZWILLER 1883: 55; ohne %) Gerölle von Benken. 10a.) ERB (1931: 115 Nrn. 1 u. 2) Körnung der „Feinerde“ (<0,01-2 mm) von Rüteneu 0,7 km N Lohn. 11.) HOFMANN (1955b: 10 Tab. I) Körnung der „Feinsande“ von Lohn. 12.) HOFMANN (1957: 298-299 Tab. III Nr. 49) Schwerminerale aus „Feinsand“, „Hangendes der Graupensande von Schlatt“. 13.) SCHREINER (1961: 253 Tab. 1) Gerölle von Lohn, einer Bohrung und einer Baustelle N Mägdeberg. 14.) SCHREINER (1966a: 55 Nrn. 4-9, nach HOFMANN, unveröffentlicht) Schwerminerale und Karbonatgehalte aus „Feinsanden“, „Samtsanden“ und „Sanden“ von Lohn (entkalkt), Riedern etc. 15.) SCHREINER (1970: 36-37 Tab. 2) Schwerminerale und Karbonatgehalt aus „Samtsand, Hochgrat“ [entfällt]. 16.) SCHREINER (1970: 70 Tab. 4 Nr. 5) Gerölle von Mühlhausen (5 km SE Engen). 17.) SCHREINER (1983: 20 Tab. 2) alpine Gerölle von Almenbühl (2 km NW Thayngen, GK 8218) und Rüteneu. 18.) SCHREINER (1983: 27 Tab. 5) Schwerminerale aus 11 Sandproben von Rüteneu, Almenbühl und Bohrungen. 19.) SAIER (1985: 175-176, Nr. 35) „Mischgeröllhorizont in den Kirchberger Schichten“, NW-Rand des Wasserburger Tals, Gesteinscharakter, einzelne Schwer- und Tonminerale, Histogramm.²² 20.) SAIER (1985: 176 Nr. 36) „Kirchberger Schichten im Hangenden des Mischgeröllhorizontes“, NW-Rand des Wasserburger Tals, Gesteinscharakter, Schwer- und Tonminerale, Histogramm. 21.) SAIER (1985: 177-178 Nrn. 37-39) „Kirchberger Schichten der Süßbrackwassermolasse“, NW-Rand des oberen Wasserburger Tals, Schwer- und Tonminerale in Auswahl, Histogramme.

(c) Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne. Mischgeröllhorizont

22.) ERB & a. (1961: 42-43) Gerölle vom Weiherholz ob Ludwigshafen (GK 25 Nr. 8120 Stockach). 22a.) SCHREINER (1961: 253; 1970: 70 Nr. 6; 1973: 11) Gerölle vom Stahlinger Tobel (GK 25 Nr. 8219 Singen). 23.) SAIER (1985: 175 Nr. 34) Gesteinscharakter, Aufstieg zum Sipplinger Haldenhof; (vgl. SCHREINER 1976: 57 Abb. 15). Samtsande: 24.) ERB (1934: 23 wie ERB & a. 1961:

²¹ Die Vorkommen im (oberen) Wasserburger Tal liegen nicht auf TK L 8118⁸, sondern auf GK 25 Nr. 8119 Eigeltingen (s. SCHREINER 1978), auch nicht am „NW-Rand“, sondern am E-Rand dieses Tales, vom Wasserburgerhof (9 km NE Engen; s. ERB 1967, GK 50 Konstanz; SCHREINER 1961: 250 Abb. 1; unsere Abb. 3: 11) gegen S, dann nach SE und E abbiegend. Das Gebiet liegt in der Eigentlichen Graupensandrinne mit Grimmelfinger Schichten (in Resten) und fossilführenden Kirchberger Schichten (KIDERLEN 1931: 279, 305, 317; SCHREINER 1978: 17-22). SAIER's Zusatz „Süßbrackwassermolasse“ bei seinen Proben Nrn. 33, 37-39 (unsere Nrn. 9 und 21) kann entfallen (s. unser Kap. A).

²² Histogramme sind Darstellungen der Kornverteilung (Körnung). — SAIER's „Mischgeröllhorizont“ nennen andere Autoren auch „Mischhorizont“, meinen damit aber die tieferen Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne (s. Kap. F 2 Abb. 4 Nr. 7).

44) Karbonatgehalte. **25.)** ERB (1934: 114 wie ERB & a. 1961: 45) Körnung. **26.)** SAIER (1985: 174 Nrn. 31, 32) Gesteinscharakter, Schwer-, Leicht- und Tonminerale in Auswahl, Histogramm von Nr. 32, Aufstieg zum Simmlinger Haldenhof.

(d) Auster(n)agelfluh

27.) WÜRTEMBERGER (1870: 511 ff., ohne %) Gerölle. **28.)** SCHALCH (1881: 54 ff.) Gerölle aus „marinen Schichten“ von Stetten, Lohn und Büttenhardt (= Austernagelfluh; 1921: 37 ff.; 1922: 76 ff.). **29.)** SCHALCH (1916: 98) Gerölle aus „Geröllführenden Sanden“ = (: 101) „Meeressanden“ von Büttenhardt und Stetten (s. Nrn. 1, 28). **30.)** EBERHARDT (1979: 58) Gerölle aus „Austernagelfluh (vorwiegend nach WÜRTEMBERGER, 1870).“ **31.)** HECKEL (1983: 52) Gerölle aus Austernagelfluh von Riedern und 8 weiteren Orten. **33.)** SCHOBER (1989: Tab. 11) Schwerminerale aus „rotem Feinsand (Rinnenfüllung)“ (Probe 14) und „Graupensanden“ (Nr. 15) aus Riedern; aus „Sandlage in der Austernagelfluh“ (Nr. 13); aus Mergelmatrix im Breccienkalk von Küssaburg (Nr. 12).

(e) Melaniensand(e)

34.) SCHALCH (1916: 105) Chemische Analyse aus Mergeln der „brackischen Schichten“ von Büttenhardt (= Melaniensand; 1921: 42 ff.; 1922: 85 ff.). **35.)** SCHOBER (1989: Tab. 9) Gerölle vom Juckenberg. **36.)** SCHOBER (1989: Tab. 11) Schwerminerale von 8 Orten; dazu 2 Schwermineralanalysen aus dem „Übergangsbereich“ zur OSM.

(f) Obere Meeresmolasse

37.) BERZ (1915: 314-324) Gerölle aus dem „Muschelsandsteinhorizont“ (= Baltringer Schichten) von Äpfingen, Baltringen, Müetingen. **38.)** v. BRAUN (1953: 162-165, Tab. 3-5) Quarzkornanalysen aus schweizerischer und badischer OMM. **39.)** HOFMANN (1957: 298-299) Schwerminerale aus Randengrobkalk (Probe 51), Baltringerhorizont (Probe 52) und Heidenlöcherschichten (Proben 55 u. 56). **40.)** BÜCHI & HOFMANN (1960: 18-19) Schwerminerale aus dem Randengrobkalk (Proben 1 u. 2), dem Baltringerhorizont (Probe 25) und dem Grobsand (Probe 26) [= aus dem Friedinger Grobsandzug in der Erweiterten Graupensandrinne; s. ERB & a. 1961: 125 Nr. 24]. **41.)** ERB & a. (1961: 32) Gerölle aus dem Geröllhorizont der Bodmansande und (: 35) aus deren Basis-schicht [beide = oberste Sandschiefer i. w. S.; s. SCHREINER in ZÖBELEIN 1985b: 218 Nr. 33]. **42.)** SCHREINER (1966b: 97 Tab. 1) Körnung und Kalkgehalt von Randengrobkalk, Grobsandzug und Bodmansanden. **43.)** SCHREINER (1970: 37 Tab. 2) Schwerminerale und Karbonatgehalt aus Glaukonitsand der Heidenlöcherschichten. **43a.)** SCHREINER (1970: 70 Tab. 4 Nrn. 1-4) Gerölle aus „Baltringer Schichten“, Nrn. 1, 2 „Basis Bodmansande“, Nr. 3, 4 „Auf dem Randengrobkalk“. **43b.)** SCHREINER (1978: 24 Tab. 3, Nrn. 1-14) Schwerminerale aus OMM, GK 25 Nr. 8119 Eigeltingen. **44.)** SCHREINER (1983: 20) Gerölle aus Baltringer Schichten NE Owingen, TK 25 Nr. 8121 Heiligenberg. **45.)** SAIER (1985: 165-170, Nrn. 14-29) Gesteinscharaktere, zum Teil und in Auswahl Schwer-, Leicht- und Tonminerale und Histogramme aus Heidenlöcherschichten, Sandschiefern, Muschelsandstein, Randengrobkalk, „Grobsandzug“, OMM-Deckschichten, Heliciden-Schichten und Albstein; vom Aufstieg zum Sipplinger Haldenhof (s. SCHREINER 1976: 57 Abb. 15), vom Kirnerberg bei Zimmerholz, von Tengen und Emmingen; (zum „Grobsandzug“ bei Nenzingen, Nr. 18, siehe SCHREINER 1976: 59-60). **46.)** SCHOBER (1989: Tab. 9, Probe 10; Tertiär-Gliederung s. unsere Tab. 2: 49) Gerölle aus Quarzitnagelfluh vom Gewinn Möser ENE Reckingen. **47.)** SCHOBER (1989: Tab. 11) Schwerminerale aus Quarzitnagelfluh (Probe 18) und Schiefermergeln (Probe 17), Nrn. 18 u. 17 aus Mösern; aus „Geröllf. Sanden“ (Probe 16) W Sandhof.

(g) Glimmersande (OSM) (s. ZÖBELEIN 1985b: 216 Nr. 25; HOFMANN 1987: 115-116).

47a.) HOFMANN (1955a: 102 Tab. I Nrn. 10-18) Körnung schweiz. Glimmersandsteine. 48.) HOFMANN (1955b: 10-11 Taf. I u. II) Körnung, Karbonatgehalt und Schwerminerale vom Seerücken (Schweiz). 49.) HOFMANN (1956a: 92 Tab. II u. III) Körnung, Karbonatgehalte und Schwerminerale in schweiz. u. badischen Vorkommen. 50.) HOFMANN (1956b: 26) Körnung und Schwerminerale vom Hohestoffeln (Baden). 51.) HOFMANN (1960a: 12 Tab. IV) Karbonatgehalte und Schwerminerale von schweiz. u. bad. Vorkommen; (: 14 Tab. V) deren Körnung; (: 15 Tab. VI) Karbonatgehalte und Schwerminerale vom Irschelgebiet (Schweiz). 52.) SCHREINER (1966a: 54 Nrn. 1-3) Karbonatgehalte und Schwerminerale von Vorkommen auf GK 25 Nr. 8118 Engen. 53.) HOFMANN (1969: 283 Tab. 1) Karbonatgehalte und Schwerminerale von 15 schweiz. Vorkommen. 54.) SCHREINER (1983: 27 aus HOFMANN 1960a) Schwerminerale aus 3 Proben auf GK 25 Nr. 8218 Gottmatingen.

J. Die vermeintliche Mündung des Graupensandflusses in ein Oberhelvet- Meer um Schaffhausen

Im westlichen Bodenseegebiet nahmen alle Autoren außer MOOS ein fortbestehendes oberhelvetisches Molassemeer an, das einen brackischen Einschlag aufweisen konnte oder von einem Brackmeer abgelöst wurde. Nach der Entdeckung der Graupensandrinne und ihrer Füllung durch MOOS (1925), der Ausweitung der Kenntnisse durch KIDERLEN (1928; 1931) und der Abgrenzung der Erweiterten Graupensandrinne durch HAUS (1951; 1952) ließen die beiden letzteren und die folgenden Autoren den Graupensandfluß um Schaffhausen in der Meer der OMM münden.

J (1) Literaturangaben

(a) Da MOOS (1925: 226, 227) den Graupensandfluß von SW kommen ließ und weitere Argumente ihn dazu bezwogen, betrachtete er die Grimmelfinger Schichten auch westlich des Bodensees als Flußablagerungen. Er zitiert (: 220) DEECKE (1917: 486), daß das Molassebecken bei Ablagerung der (teils über faustgroben) Reiat-Kiese aufgefüllt gewesen sein muß. Er schreibt (1925: 224) betreffs der Grimmelfinger Graupensande unter Bezug auf SCHALCH (1914: 718): „Die Büttenhardter Gerölle erreichen aber bis Kopfgröße ... und so wird es sich bei diesen jedenfalls um Flußgerölle handeln. Also sind die Reyatkiese wahrscheinlich zum Teil fluviatilen Ursprungs.“ Die Graupensande von Benken und Riedern gehören wahrscheinlich zum System des Graupensandflusses. „Der Reichtum an Säugetierresten in diesen Grobsanden deutet eher auf fluviatilen Ursprung“ (: 226). MOOS wiederholt (1926: 11) seine Ansicht über den wahrscheinlich fluviatilen Charakter der Reiatkiese. Die marinen Fossilien in den Grimmelfinger Schichten liegen an sekundärer Lagerstätte und wurden aus älteren Molassesedimenten ausgewaschen (1926: 11, 13, 20, 21). Das Brackwasser mit der Kirchberger Fauna kam von E (1925: 236; 1926: 13) [worin ich (1985b: 234) mit weiteren Autoren, doch opp. LEMCKE übereinstimme].

(b) KIDERLEN schreibt (1931: 266; 1928: 601) unter Bezug auf Schweizer Geologen, daß zur Zeit der Grimmelfinger Schichten „zwischen Schaffhausen und Aarau noch M. M. [Meeres-Molasse] zum Absatz gelangte.“ Er spricht (1931: 292 wie 1928: 601; 1938: 85; ERB & KIDERLEN 1955: 36) zuerst als „Arbeitshypothese“ von einem „nach SW fließenden Strom, der bei Schaffhausen in das Meer mündete.“ Zumindest sei ein Teil der dortigen Grimmelfinger Schichten bestimmt marin. Von Schaffhausen nach SW zeichnet KIDERLEN (: 304 Abb. 10) „marine Fazies“ (mit Geröllen) der Grimmelfinger Schichten bis Riedern ein, die mit der marinen Fazies der Bucht von St. Gallen zusammenhängen. „Südlich und südwestlich Riedern und Benken sind Gr.Sch. in der faziellen Ausbildung des Ulmer oder Schaffhausener Gebiets nicht mehr bekannt geworden“ (: 274). — Kirchberger Schichten sind (KIDERLEN: 373) „südwestlich des Reyath ... in der aus der Ulmer Gegend bekannten Fazies nicht mehr aufzufinden.“ Sie sind (Abb. 12 nach S. 328) von Schaffhausen nach SW

in der Fazies der „Meeresmolasse“ (mit Geröllen) ausgebildet. In deren Gebiet sind Benken und Riedern eingezeichnet. Dort wie im Reyath-Tertiär wurden die Kirchberger Schichten zuerst in Mulden und Rinnen der Grimmelfinger Schichten abgelagert (: 273). [KIDERLEN's „Aufarbeitungs“- bzw. „Ausräumungsdiskordanz“ spricht für fluviatile Einwirkung und gegen eine ununterbrochene Meeresbedeckung (s.: 12 Abb. 4 Nr. 4 und Kap. F 8 b).]

(c) Die neueren Autoren nehmen mit KIDERLEN an, daß die Graupensandrinne mit dem Graupensandfluß in der Gegend um Schaffhausen in das dortige Meer mündete, zuletzt z.B. HOFMANN (1987: 128) und SCHÖBER (1989: 66-67, 90-91).

J (2) Diskussion zu J (1)

Die Annahmen, daß um Schaffhausen noch ein von der Schweiz übergreifendes Helvetmeer bestand bzw. dort der Graupensandfluß einmündete, beruhen auf mitunter deltaartigen Schrägschichtungen und vor allem auf der Führung von Austern, Haifischzähnen und Glaukonit in der Rinnenfüllung. Darüber wird in den Kapiteln K-M referiert.

Bei Schaffhausen liegen die Sandgruben von Benken, Wildensbuch, Riedern und Schlatt (Kap. G 4), auf denen die Annahme einer Deltabildung der Graupensande beruht. Deren Liegendes ist die USM und z. T. Weißjura. Der Graupensandfluß hat hier also die Erosionskraft gehabt, das Schichtpaket der Albsteinfläche bis zur USM und diese teilweise noch bis unter die Sohle auszuräumen (s. ZÖBELEIN 1985b: Taf. 1, 2. Profil). Die Erosion war nicht geringer als oberstrom, wo der Graupensandfluß sich ebenfalls bis auf oder in die USM, teils sogar bis auf oder in den Weißjura eingeschnitten hat. Selbst bei Büttenhardt liegen Grimmelfinger Schichten, in der Nähe auch Kirchberger Schichten auf Massenkalken des Weißjura epsilon (SCHALCH 1914: 705, 707; KIDERLEN 1931: 375 Profil Nr. 23). Strömungen haben zwar in der OMM Material aus NE-Bayern in die Schaffhauser Gegend und bis in die Schweiz hinein transportiert. Umgekehrt wurden alpine Sande und Gerölle der Napfschüttung (über diese siehe zuletzt HOFMANN 1987: 285) weit nach NE verfrachtet.²³ Derlei flachgründige Strömungen können aber in dem vermeintlichen Meer, das nach der Landwerdung nochmals von der Schweiz her bis in die Schaffhauser Gegend vorgedrungen sein soll, keine Rinne um die 10 km Breite und 60-100 m Tiefe herausgearbeitet haben (s. Abb. 4: 12 und Quellennachweise Nrn. 2b, 2c). Die Annahme eines letzten Meereseinbruchs im obersten Helvet bzw. Otnang wird auch in den Kap. M-L widerlegt.

K. „Marine“ Zeugen in der Füllung der Graupensandrinne

I. Westlich des Bodensees

Zu den Schichtbegriffen und Schichtkorrelationen siehe Kap. H. Die in Kap. G genannten Autoren vermerken folgende Vorkommen:

K (1) Austern

(a) *Ostrea*-Arten

1) *arenicola*, 2) *argoviana*, 3) *batillum* (Synonym von Nr. 13 ?), 4) *boblaeyi* (*boblayii*, *boblaeyii*), 5) *canadensis*, 6) *caudata*, 7) *cochlear*, 8) *collini* ? (s. Nr. 18), 9) *crassissima*, 10) *cymbularis*, 11) *edulis* ?, 12) *forskalii* ?, 13) *giengensis*, 14) *gryphoides*, 15) *lacerta*, 16) *molassicola*, 17) *sacellus*, 18)

²³ Zeugen des NE-Transportes finden sich im Muschelsandstein von Baltringen (10 km NNE Biberach) laut MOOS (1925: 202), KIDERLEN (1931: 242) und bei Ingerkingen (11 km N Biberach) laut HAUS (1951: 60). Die Autoren stützen sich dabei auf BERZ (1915: 314). MOOS denkt wegen der bis faustgroßen Gerölle an Strandbildungen nahe einer Flußmündung. LEMCKE & a. (1953: 22-23, Taf. I) haben in Geröll-Horizonten der Baltringer Schichten eine Korngrößenabnahme von Baltringen-Äpfingen bis zur Bohrung Aichach 1001 (15 km W Augsburg) und sodann eine Fortsetzung des Horizontes bis 50 km ENE Augsburg nachgewiesen.

sp. (cf. *collini*), 19) *undata*, 20) *virginiana*.

Quellennachweis

Meine Kürzel für die folgenden Schichtnamen: A = Austernagelfluh, M = Melaniensande, G = Grimmelfinger Schichten („Meeresmolasse“, „Meeressande“, „Graupensand“). Aus „Kirchberger Schichten“ („Brackwassermolasse“, „Brackische Schichten“) werden Austern-Arten nicht namentlich genannt; gelegentlich erfolgt ein Hinweis auf gleiche Arten wie in den Grimmelfinger Schichten.

WÜRTEMBERGER, F. J. & TH. 1862: 720 (M) Nrn. 10, 14.

WÜRTEMBERGER, F. J. 1870: 474 (A, M) Nrn. 5, 7, 19, 20; 476 (A) Nrn. 5, 19, 20; 477 (M) Nrn. 6, 19, 20; 480 (A) Nrn. 5, 7, 18, 19, 20; 482 (M) Nrn. 17, 19; 485 (A) Nrn. 5, 7, 19, 20; 485 (M) Nrn. 5, 19, 20; 486 (M) Nrn. 5, 7, 19, 20; 487 (A) Nrn. 5, 7, 19, 20; 488 (M) Nrn. 5, 19, 20; 508 (A) Nrn. 5, 7, 18, 19, 20; 524 (M) Nrn. 5, 17, 19, 20 (det. C. MAYER).

FISCHLI & WEGELIN 1910: 118 (G) Nrn. 1, 2, 3 (Synonym von Nr. 13 ?), 13 (det. ROLLIER).

GÖHRINGER 1915: 15 (A) und 17 (M) Nrn. 4, 11 ?, 12 ?, 13, 16 (als Synonyme von Nr. 13 werden genannt Nr. 3 und *O. rollei*, *O. cyrnsi*, *O. ingens*).

SCHALCH 1881: 62 (G, „Marine Sande“) Nrn. 1, 2, 15 (s. ERB 1931).

SCHALCH 1916: 101 (G) Nrn. 1, 2 („Geröllführende Meeressande“). KIDERLEN spricht (1931: 375 Profil 23) bei Büttenhardt von Grimmelfinger Schichten, auch ERB (1931: 21-22).

SCHALCH 1921: 39-40 (A) und 42 (M) Nrn. 4, 11, 12, 13, 16.

SCHALCH 1922: 79 (A) Nrn. 4, 11; 12, 13, 16; 85 (M) Nrn. 5, 7, 19, 20. SCHALCH nennt (1921: 39-40; 1922: 79) aus der Austernagelfluh auf Blatt Lienheim (s. GÖHRINGER 1915: 15) Arten, die unter unseren Nrn. 4, 11, 12, 13, 16 laufen. Er verweist wie GÖHRINGER auf WÜRTEMBERGER [1870: 508], der aus der Austernagelfluh Arten aufführt, die bei uns die Nrn. 5, 7, 18, 19, 20 tragen. Von letzteren nennt SCHALCH (1922: 85) die Nrn. 5, 7, 19, 20 aus dem Melaniensand (s. oben).

FISCHLI 1930: 136 (G) Nrn. 1, 9, 13.

ERB 1931: 22 (G) Nrn. 1, 2, 15 (aus SCHALCH 1881; 1914).

SCHÖBER 1989: 79 (A) aus WÜRTEMBERGER (1870: 508) Nrn. 5, 7, 18 ?, 19, 20, aus GÖHRINGER (1915: 15) Nrn. 4, 11 ?, 12 ?, 13, 16; 82 (M) aus WÜRTEMBERGER (1870: 524) Nrn. 5, 17, 19, 20.

(b) Stratigraphische Verteilung der Austern-Arten

Von den unter a) genannten 20 Austern-Arten aus Austernagelfluh, Grimmelfinger Schichten und Melaniensanden kommen

a) aus der Austernagelfluh die Nrn. 4, 5, 7, 8 ?, 11 ?, 12 ?, 13, 16, 18, 19, 20; nur daraus die Nrn. 8 ?, 18 (insgesamt 11 Arten).

b) aus Grimmelfinger Schichten (Graupensanden) die Nrn. 1, 2, 3, 9, 13, 15; nur daraus angeblich die gleichen Arten, wobei jedoch Nr. 13 auch in A und M vorkommt (insgesamt 6 Arten).

c) aus Austernagelfluh + Grimmelfinger Schichten die Nrn. 1, 2, 3, 4, 5, 7, 8 ?, 9, 11 ?, 12 ?, 13, 15, 16, 18, 19, 20 (insgesamt 16 Arten).

d) aus Melaniensand(en) die Nrn. 4, 5, 6, 7, 10, 11 ?, 12 ?, 13, 14, 16, 17, 19, 20; nur daraus die Nrn. 6, 10, 14, 17 (insgesamt 13 Arten).

SCHÖBER registriert (1989: Tab. 9) an Austern in der Austernagelfluh der Graupensandgrube Riedern bei 1-4 cm Ø 1 Stück, bei 5-10 cm Ø 4 Stück, im Gewann Möser ENE Reckingen bei 1-4 cm Ø 10 Stück, an 5 weiteren Orten kein Stück und in den Melaniensanden von Juckenbergr NE Lienheim bei 1-4 cm Ø 1 Stück.

(c) Erhaltung und Einbettung der Austernschalen

Darauf wurde in den vorausgegangenen Literaturauszügen hingewiesen. Von den zitierten Autoren erwähnen manche (teils neben ganzen Schalen, malakologisch „auch „Klappen“ genannt) abgerollte und abgeschliffene Exemplare, auch Austernbruchstücke und -splitter. Angaben über derlei beschädigte Schalen oder über Schalenreste wurden schon gebracht. Dazu nennt auch ERB (1934: 22) Austernbruchstücke in Gerölllagen. — Aus der angeführten Literatur seien an Besonderheiten hervorgehoben: WÜRTEMBERGER (1870: 508-509; unser Kap. G 3 b) fand in der Austernagelfluh teils zerbrochene, abgerollte und abgeschliffene, teils noch sehr gut erhaltene, aber immer getrennt liegende Austernschalen. Von mehreren hundert Exemplaren konnten nur 4 Arten bestimmt werden. „Es ist zu verwundern, dass nicht sämtliche Muschelreste bei ihrer Einwicklung im Contacte mit den grossen Rollsteinen zu Grunde gegangen sind.“ Er nennt außerdem Austernbruchstücke (: 487) und im Melaniensand spärliche abgeriebene Austernschalen (: 550). Laut SCHALCH (1922: 77) ist ein Sandsteinzwischenmittel der Austernagelfluh „ganz von klein zerriebenen Austernfragmenten erfüllt. Einzelne Lagen derselben stellen ein fast reines Haufwerk solcher dar.“ Zu den Graupensanden von Benken (Kap. G 4 a) hat WEGELIN (1916: 5) bemerkt, daß die Austerschalen „zwischen Kies gebettet und gerollt“ und „durch Strömung hierher gespült worden“ sind. FISCHLI schreibt (1930: 136) zu Benken: „Aus der Molassezeit sind nur Reste von Muscheln vorhanden. Die weitem den Mollusken zuzählenden Fundstücke entstammen ältern Formationen und sind in das Molassemeer eingeschwemmt worden.“ Er führt 3 Austernarten (unsere Nm. 1, 9, 13) an. FISCHLI & WEGELIN berichten (1910: 117-118), daß in den Graupensanden von Schlatt (unser Kap. G 4 d) gerollte und z. T. zertrümmerte Austernschalen zwischen Kies auf 2. oder 3. Lagerstätte liegen. ERB (1934: 22) zufolge kommen in den Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne Bruchstücke und Splitter von Austernschalen vor. PEYER nennt (1946: 144) nicht selten meist schlecht erhaltene Austern in der Sandgrube bei Benken. SCHREINER fand (1966a: 46) Austerntrümmer aus der OMM im sandigen Zwischenmittel von Konglomeraten am NW-Rand der Graupensandrinne und (: 47) gerollte Austernbruchstücke in einer Gerölllage der Kirchberger Schichten. HOFMANN erwähnt (1967a: 199) besonders schöne Exemplare aus den Graupensanden von Benken und Wildensbuch (Kap. G 4 a, b). Laut SCHOBER (1989: 78; unser Kap. G 3 i) sind Austern in der Austernagelfluh (um Riedern-Grießen) lagen- und nesterweise angereichert. Oft sind Horizonte vollkommen frei von Austern, während andere Abschnitte im Profil, vor allem in den oberen Bereichen, z. T. überaus reichlich mit Austern durchsetzt sind. Die Schalen zeigen meist eine relativ gute Erhaltung; bisweilen findet man sogar vollständig erhaltene Exemplare mit rechter und linker Klappe“ [die sonst kein Autor erwähnt]. Weil SCHOBER (: 78-79) keine, an Geröllern aufgewachsenen Austern feststellen konnte, schließt er einen kürzeren Transport nicht auf. „Die meist horizontweise Einlagerung der Austern, wie auch die Einschaltung von Sandsteinbänken, weisen auf mehrere Schüttungszyklen hin.“ Laut HECKEL (1983: 53) kommen in der Austernagelfluh gelegentlich stark zertümmerte Austernschalen vor. HAUS zeichnet (1951: 52 Abb. 10) über dem Mischgeröllhorizont der Kirchberger Schichten „Grobsand mit meist marinem Fossilschrott“ ein, ohne Austern zu nennen.

(d) Begleitfossilien der Austern (ohne Fische)

Die Angaben sind evtl. nicht vollständig. Hinter der Quellenangabe folgt der Bezug auf die vorliegende Paginierung (...; s.: ...). Es kommen neben Austern oder deren Resten vor a) laut WÜRTEMBERGER (1862: 720 ff.; s.: 40) im Melaniensand brackisch-limnische und terrestrische Schnecken, Landpflanzen, ein Säugerzahn. b) WÜRTEMBERGER (1870: 480-482, 522-524; s.: 42) im Melaniensand neben- und durcheinander, z. T. auf einem Handstück, die Meeresschnecke *Murex*, das marin-brackische *Cerithium* und dazu Brackwasser-, Süßwasser- und Landschnecken, Säugerreste und Landpflanzen. c) SCHALCH (1881: 62; s.: 38) in „marinen Schichten“ (= geröllführende Meeresande) ein Rhinoceros-Zahn. d) SCHALCH (1914: 723; s.: 38) in „Meeressanden“ bei Büttenhardt Fragment eines Rhinoceros-Zahnes (Hinweis auf 1881: 61, 63; s. oben, c). e) SCHALCH (1916: 101;

s.: 38) in „geröllführenden Sanden“ Knochenfragmente. **f)** SCHALCH (1921: 42; s.: 43) in Melanien-sand brackisch-limnische und terrestrische Schnecken (Hinweis auf WÜRTENBERGER 1862; s. oben, a). **g)** SCHALCH (1922: 80; s.: 43) in Austernagelfluh (bezüglich der Sandgrube bei Riedern: 79, 81) eingeschwemmte verkieselte Jurafossilien. **h)** SCHALCH (1922: 85-86; s.: 43) in Melanien-sand brackisch-limnische und terrestrische Schnecken (Hinweis auf WÜRTENBERGER 1870); s. oben, b). **i)** FISCHLI & WEGELIN (1910: 117; s.: 61) in Graupensand von Schlatt ein großer Säuge-tierwirbel, Landpflanzen (s. j.: 8). **j)** WEGELIN (1916: 5; s.: 58) u. a. Säugerreste. **k)** FISCHLI (1930: 134 ff.; s.: 58) in Graupensanden bei Benken Vertreter von 7 Stämmen wirbelloser Meeresbewohner aus der Molasse und z. T. dem Juranagelfluh, unter den Mollusken die marinen *Corbula carinata*, *Cardita* sp. und *Pecten*-Bruchstücke, Säuger (s. STEHLIN 1914). **l)** KIDERLEN (1931: 376; s.: 58) in Grimmelfinger Schichten bei Benken Balaniden, Säugerreste. **l')** KIDERLEN (1931: 330, 375 Profil 25) in Kirchberger Schichten bei Benken *Pecten*-Trümmer, brackische Mollusken. **m)** KIDERLEN (1931: 290) in Grimmelfinger Schichten (?) bei Riedern *Pecten*-Bruchstücke. **n)** KIDERLEN (1931: 331, 375 Profil 24) in Kirchberger Schichten bei Riedern Knochentrümmer (Säuger in k-n siehe STEHLIN 1914). **o)** ERB (1934: 22) in Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne die brackischen *Melanopsis impressa* und benachbart *Congerina amygdaloides*, dazu ein abgerolltes Plättchen einer Seeigelschale aus der OMM. **p)** PEYER (1946: 144; s.: 59) in der Sandgrube von Benken auf sekundärer Lagerstätte Fossilien aus dem Mesozoikum, so verkieselte Wirbellose aus dem Juranagelfluh, aber auch Reste von Wirbeltieren, darunter Säuger aus älteren Tertiärstufen. **q)** SCHOBER (1989: 91) in den Graupensanden bei Riedern hoher Anteil an Weißjura-Fossilien.

K (2) Haifischzähne: Arten, Vorkommen, Erhaltung und Begleitfossilien (ohne Austern)

In der Literatur werden Selachierzähne als „Haifischzähne“ aufgeführt, weshalb ich im Text bei dieser Benennung bleibe. FISCHLI registriert (1930: 162-163) und beschreibt (: 143-160) unter Berücksichtigung älterer Literatur (zuletzt LERICHE 1927) die Reste von 34 Selachier-Arten (24 Arten Haie, [hier die Nm. 1-24] und 10 Arten Rochen [Nm. 25-34], dazu 6 Teleostier-Arten) aus den „Quarzsanden von Benken“ [= Grimmelfinger Graupensande, ? z. T. auch aus den Kirchberger Schichten = Melaniensande] (vgl. unser Kap. G 4 a: 57):

1) *Notidanus primigenius*, 2) *N. nov. sp.*, 3) *Isistius trituratorus*, 4) *Acanthias* sp., 5) *Centrophorus* sp., 6) *Pristiophorus suevicus*, 7) *Odontaspis acutissima*, 8) *O. cuspidata*, 9) *Lamna crassidens*, 10) *L. cattica*, 11) *Oxyrhina hastalis*, 12) *O. desori*, 13) *O. retroflexa*, 14) *Carcharodon megalodon*, 15) *Alopias* sp., 16) *Otodus serotinus*, 17) *Scyllium guttatum*, 18) *S. acre*, 19) *Chiloscyllium fossile*, 20) *Galeus affinis*, 21) *Galeocerdo aduncus*, 22) *Hemipristis serra*, 23) *Aprion stellatus*, 24) *Carcharias (Scoliodon) kraussi*, 25) *Squatina subserrata*, 26) *Raja gentili*, 27) *Rhynchobates probsti*, 28) *Rhinobatus* sp., 29) *Trygon rugosus*, 30) *T. cavernosus*, 31) *T. thalassia fossilis*, 32) *Myliobatus* sp., 33) *Rhinoptera studeri*, 34) *Aetobatus arcuatus*.

Von diesen 34 Arten finden sich 32 Arten, teils als Synonyma, unter den 55 Arten von Selachiern (43 von Haien, 12 von Rochen) wieder, die PFEIL (1991) aus der anstehenden OMM von Walbertsweiler (6,5 km SE Meßkirch; s. unsere Abb. 5: 20) bearbeitet hat.²⁴

Da in unserem Kapitel K die angeblich „marine“ Natur der Rinnenfüllung zu erörtern ist, bediene ich mich auch hier der früheren Literaturangaben. Es verweisen auf Haifischzähne (z. T. mit Begleitfossilien, s. oben Abschn. 1 a, d) **a)** WÜRTENBERGER (1870: 523; unser Kap. G 3 b) in Melanien-sand bei Dettighofen mit marinen, brackischen und limnischen Mollusken, Säugertieren und Pflanzen.

²⁴ Auf WERNER's GK 25 Nr. 8020 Meßkirch ist 1 km SSW Ortsmitte von Walbertsweiler eine Grube in einem inselartigen Vorkommen von „Oms“ = „Sandschiefer“ der OMM zwischen rißzeitlichen Ablagerungen eingezeichnet. Diese Sandschiefer [s. 1.] liegen innerhalb der „OM-Insel od. -Halbinsel von Albertsweiler – Rengetsweiler in der erweiterten Graupensandrinne“ (Legende zur GK) und dabei unter den Baltringer Schichten (s. ZÖBELEIN 1985b: Tab. 1, 3, u. 4. Profil). — Eine „Tidenniedrigwasserlinie“ (BARTHELT 1991: 98) kann außer Betracht bleiben (unser Kap. F 9).

b) SCHALCH (1881: 51, 52, 64; s. Kap. G 2 a) in „marinen“ Schichten von Stetten, Lohn und Büttenhardt (s. Kap. G 2 a) unter (: 64) der „Brackwasser-Bildung“, daher wohl aus Grimmelfinger Schichten, dazu ein Rhinoceros-Zahn. c) SCHALCH (1895: 206) (Kap. G 1 a) in „Meeresmolasse“ sehr selten, dazu einige kleine Knochensplitter. d) SCHALCH (1914: 724) Kap. G 2 b) in „Meeressanden“, dazu (: 723) Knochen- und Zahnfragmente. e) SCHALCH (1916: 101) (Kap. G 2 c) in „Geröllführenden Sanden, marin“, in benachbarter Schicht Knochen- und Zahnfragmente. f) SCHALCH (1922: 81) (Kap. G 3 e) in der „marinen Molasse“. g) FISCHLI & WEGELIN (1910: 117) (Kap. G 4 d) in Quarzsanden bei Schlatt, dazu großer Säugerwirbel. h) WEGELIN (1916: 5) (Kap. G 4 a) in der Quarzsandgrube von Benken, dazu Säuger- und Reptilienreste, Säuger bei STEHLIN (1914). i) FISCHLI (1930: 143-160, 162-163, s. oben) in der Quarzsandgrube von Benken. Die Fossilien sind nicht alle gleichaltrig und liegen nicht alle an dem Orte, wo sie gelebt haben, sondern wurden zum Teil durch Flüsse ins Molassemeer eingeschwemmt und stammen aus älteren Formationen (: 133-134). S. 134 ff.: Die von Glaukonit ummantelten Steinkerne von Foraminiferen dürften zum Teil „im Molassemeer gelebt haben“. Radiolarien fehlen. Vertreter der Coelenterata, Echinodermata, Cephalopoda und Brachiopoda stammen „aus dem Jura“. Von Lamellibranchiata werden *Corbula carinata*, *Cardita* sp. und *Pecten*-Bruchstücke genannt. Die Crustacea sind nur durch zahlreiche Reste von *Balanus tintinnabulum* vertreten. „Es war mir aber nicht möglich, in Benken ein vollständiges Exemplar dieser an verschiedenen Fundstellen der schweizerischen Molasse häufig und schön erhalten vorkommenden Art aufzufinden.“ Nach FISCHLI (: 137) „haben die Wirbeltiere, deren Reste festgestellt wurden, mit wenigen Ausnahmen im Molassemeer oder seiner Umgebung gelebt.“ Doch schreibt er (: 143) unter Hinweis auf S. 133-134 (s. oben), daß die Haifischzähne aus den Glassanden von Benken „stark abgerollt und auch vielfach zerbrochen sind. Es bedarf eines ganz bedeutenden Materials zur sichern Bestimmung. Unter den verschiedenen Tausend Zähnen von *Odontaspis cuspidata* z. B. befindet sich kein einziges Exemplar, an dem nicht einer der beiden Nebenzacken oder eines der beiden Wurzelhörner abgebrochen wäre. Dasselbe gilt für die Zähne von *Notidanus*, *Lamna*, *Acanthias*, *Carcharodon*“ (kursiv vom Verf.). j) Laut KIDERLEN (1931: 291, 292) haben die früheren Autoren bei den Sandgruben von Benken und Riedern (Kap. G 4 a, c) nicht zwischen der Herkunft der Fossilien aus den Grimmelfinger und den Kirchberger Schichten unterschieden (vgl. unsere S. 57). Er verweist auf die Bestimmungen der Säuger durch STEHLIN und KLÄHN (1924) und der Fische durch LERICHE. Er nennt (: 376) aus den Grimmelfinger Schichten von Benken in Geröllagen und Sanden Haifischzähne und dazu Balaniden und Säugerreste; aus den Kirchberger Schichten in Geröllagen und Sanden von Benken (: 330, 375) Haifischzähne und *Pecten*-Trümmer, bei Riedern (: 291, 375) im Konglomerat Haifischzähne und wie bei Benken Knochen-Trümmer. Zu den „Geröllschichten des Typus Bonndorf“ (= Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne) schreibt KIDERLEN (: 333): „Die nicht seltenen Haifischzähne liegen primär oder sekundär, die kleinen Schalen-Trümmer mariner Mollusken und Balaniden ... dagegen sicher sekundär eingebettet.“ k) ERB (1931: 21) zahlreiche Haifischzähne in Graupensanden bei Lohn, mit Hinweis auf SCHALCH (1881; 1914), dazu Fragment eines Rhinoceros-Zahnes. l) ERB & a. (1961: 41) in Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne, (: 120 Profil Nr. 12) in grobem Meeressand im oberen Teil des Mischgeröllhorizonts und (: 123 Nr. 17; laut KNUPFER 1912: 286) im Mischgeröllhorizont.

K (3) Angebohrte Kalkgerölle

Kalkgerölle mit Löchern von Bohrmuscheln oder Bohrschwämmen erwähnen a) WÜRTEMBERGER (1870: 480) in Austernagelfluh von „Fistulanen“, „bohrenden Meerestieren“ von 3-15 mm Durchmesser und 9-45 mm Tiefe (1 badische Linie = 3 mm), teils noch mit Schalenresten und (: 508) von 0,6-1,5 mm Durchmesser (von Bohrschwämmen ?); (: 516) Hinweis auf Geröllzufuhr aus dem „Schweizerjura“. b) SCHALCH (1921: 39, 40) in Austernagelfluh, angebohrte Gerölle ziemlich häufig, wohl aus dem Deckgebirge des südlichen Schwarzwaldes, Bohrlöcher 3-5 mm Durchmesser, 9-14 mm Tiefe. c) SCHALCH (1922: 79, 84) wie b). d) EBERHARDT (1979: 58, 57) in Oxford-Kal-

ken der Austernagelfluh, „wahrscheinlich vom Kliff, das KIDERLEN (1931, S. 256) im Bereich der Wutach annimmt.“ e) HECKEL (1983: 53) in Austernagelfluh, 3-5 mm dicke, birnenförmige Bohrlöcher mit Schalenresten von Pholaden. f) SCHOBER (1989: 76) in Austernagelfluh gelegentlich „von Pholaden angebohrte Weißjuragerölle (meist Oxford-Kalke) stammen sehr wahrscheinlich vom weiter NW gelegenen Kliff.“ g) SCHOBER (1989: 84) Weißjura-Gerölle in der Randfazies der Austernagelfluh, einem Strandbereich der Steilküste. Gut gerundete, angebohrte Weißjura-Gerölle, z. T. mit aufgewachsenen Austern, kommen schon in den „Geröllführenden Sanden“ der OMM vor (SCHOBER 1989: 65).

K (4) Glaukonit

Auf das Fehlen (a-d) bzw. das Vorkommen von Glaukonit (e-w) verweisen a) MOOS (1925: 213, 225) in den Grimmelfinger Schichten. b) SCHALCH (1914: 722) in den „Meeressanden“. c) SCHALCH (1916: 101) in den „geröllführenden (Meeres-) Sanden“. d) HOFMANN (1967c: 6) in den Kirchberger Schichten. — Auf vereinzelt oder sporadisches Vorkommen e) SCHALCH (1914: 728) in den „brackischen Schichten“. f) SCHALCH (1922: 77, 80) in Austernagelfluh und (: 85) in Melaniensand. g) SCHREINER (1966a: 49) in Kalksandsteinplatten der Kirchberger Schichten neben *Cardium sociale* und *Congeria amydaloides*. h) SCHOBER (1989: 80) in Melaniensanden. i) SCHOBER (1989: 85) im Algenkalk-Konglomerat der Riedhalde und (: 89) im Sandkalk im Alkeimerholz, beide in der Randfazies der Austernagelfluh. Ohne Mengenangabe j) SCHREINER (1966a: 46) Glaukonit und Austertrümmer (aus der OMM) im sandigen Zwischenmittel von Konglomeraten am NW-Rand der Rinne. k) HECKEL (1983: 55) in Melaniensanden. An Schichtbildung beteiligt l) ERB (1934: 24) in Sandlagen innerhalb der Feinsande der Kirchberger Schichten, die z. T. auf Glaukonitsanden der OMM ruhen. m) HAUS (1951: 56) im Mischgeröllhorizont und an mehreren Stellen darüber, demgemäß und laut KIDERLEN (1931: 333) aber auch glaukonitfreie Sande über dem Mischgeröllhorizont. n) ERB & HAUS & RUTTE (1961: 41) glaukonitische Lagen in Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne. o) dsgl. (: 120 Profil Nr. 12) Glaukonitsande über dem Mischgeröllhorizont („M.H.“). p) dsgl. (: 121 Nr. 13) Glaukonitsande unter Samtsanden (unter Lücke, M.H. ?). q) dsgl. (: 123 Nr. 17) Glaukonitsand über M.H. r) dsgl. (: 126 Nr. 25) seitlicher Übergang des M.H. in glaukonitischen Sand. s) dsgl. (: 126 Nr. 26, Beil. 3) M.H. in glaukonitisch-sandiger Grundmasse. t) dsgl. (: 127 Nr. 27) spärlich Glaukonit in Samtsanden, „Aussehen wie umgelagertes O.M.M.-Material“. u) dsgl. (: 128 Nr. 29) M.H. in glaukonitische Sande und Süßwassersande locker gepackt. Als Liegendes von o, q, r, s und u werden Glaukonitsande, Sandstein und Muschelsandstein der OMM vermerkt. Sonstige Glaukonitvorkommen v) FISCHLI (1930: 134) Glaukonit als Umhüllung von Formaniniferen-Steinkernen in Graupensanden von Benken. w) SCHOBER (1989: 86) glaukonithaltiger, grobkörniger, gelber Tertiärsandstein mit zahlreichen Schalenresten von Austern, häufig Bryozoen im Algenkalk-Konglomerat der Riedhalde = eindeutig aufgearbeiteter Turritellenkalk.

K (5) Diskussionen zu K 1-4

Zu K 1

RUTSCH möchte bezweifeln, daß in der Füllung der Graupensandrinne 20 Austern-Arten zu identifizieren waren. „Für die in den Austernagelfluhen vorkommenden Austern wurden früher zahlreiche Arten aufgestellt. Nach Untersuchungen in den [anstehenden OMM-] Randgebieten des Vorkommens von [älteren] Austernagelfluhen dürfte *Crassostrea gryphoides* die wichtigste und sicher identifizierte Form sein (RUTSCH 1955b: 456; ERB, HAUS & RUTTE 1961: 36)“ (HOFMANN 1987: 21; vgl. aber: 84).

Die stratigraphische Verteilung der Austern weist mehr Arten (13) in den brackischen Melaniensanden als in der Austernagelfluh (11) bzw. in den Grimmelfinger Schichten (6) auf, was gegen eine „marine“ Füllung der Graupensandrinne um und südwestlich Schaffhausen spricht. Bei der Erhaltung

der Austernschalen fallen deren zahlreiche abgewetzte, gerollte und zerbrochene Stücke auf, denen nur eine Angabe über doppelklappige Stücke gegenübersteht. Doch selbst von diesem Vorkommen werden auch schlecht erhaltene Exemplare gemeldet. Der im allgemeinen schlechte Erhaltungszustand der Austernschalen weist auf deren Umlagerung und Einschwemmung aus älteren Schichten hin, nämlich aus der OMM, die an und hinter den Rändern der Graupensandrinne (und vordem auf deren Grund) ansteht bzw. anstand. WÜRTEMBERGER's Feststellung, daß von mehreren hundert Austernschalen nur 4 Arten bestimmbar waren, unterstreicht dieses Argument. Die Einbettung der Austern erfolgte vorwiegend in gröbere Sedimente, Geröll- und Sandlagen der Austernagelfluh und der Grimmelfinger, aber auch der Kirchberger Schichten. Schon frühere Autoren (Abschnitt K I 1 c) dachten an Strömungstransport, an Einschwemmung von Mollusken aus älteren Formationen und an Austern oder deren Reste auf 2. und 3. Lagerstätte. SCHÖBER führt die lagenweise Anreicherung von Austern und ihr Fehlen in zwischengeschalteten Lagen auf mehrere Schüttungszyklen zurück. Das Zusammenkommen von Fossilien aus verschiedenen Lebensbereichen und deren wirre Lagerung hat WÜRTEMBERGER in den Melaniensanden von Dettighofen beispielhaft beschrieben. Es erhellt auch aus den Begleitfossilien der Austern und läßt weitere Schlüsse auf das Ablagerungsmilieu zu. Wirbellose wurden aus dem höher gelegenen Weißjura-Rückland in die Austernagelfluh und die Grimmelfinger Schichten eingeschwemmt. An marinen Wirbellosen aus der Molasse fanden sich in der Rinnenfüllung vereinzelt zumeist Reste von Bryozoen, Seeigeln und Balaniden, an marinen Mollusken *Murex*, *Corbula carinata*, *Cardita* sp. und *Pecten*-Bruchstücke, dazu die marinen bis brackischen *Cardium* und *Cerithium*. Die öfter genannten Reste von Landsäugetieren (verschiedenen Alters: KLÄHN, FISCHLI z. T., PEYER), die Knochenreste und die Landpflanzen wurden durch Flüsse in deren Vorfluter, die Graupensandrinne transportiert. Der brackische Charakter der Kirchberger Schichten und der Melaniensande ist durch brackische, teils limnische Mollusken an verschiedenen Fundpunkten belegt. Da marine Lebewesen infolge der unterschiedlichen Salzverträglichkeit nicht dauernd in Brackwasser leben können, mußten sie in diesen Bereich eingeschwemmt worden sein.²⁵ Den 4, evtl. 6 marinen Mollusken-Arten in der Rinnenfüllung stehen in OMM-Schichten der Rinnenränder z. B. 141 marine Mollusken-Arten (ohne die 12 Austern-Arten) im Grobkalk (SCHALCH 1883: 40-42; Auswahl in SCHREINER 1970: 57) und über 370 Arten in Muschelsandstein + Austernsanden gegenüber (SCHALCH: 47-51). Selbst aus beträchtlichem Material zerbrochener und zerriebener Molluskenschalen des schlecht aufgeschlossenen Turritellenkalkes, einer „Strandbildung“, registriert WÜRTEMBERG (1870: 519-521) 20 Arten mariner Mollusken (ohne die 4 Austern-Arten), dazu 1 Haifisch-Art und 2 Balaniden-Arten. BÜCHI registriert (1956: 270-272) in der OMM von St. Gallen, die (Kap. L) mit der „marinen“ Füllung der Graupensandrinne in Verbindung gebracht wurde, 58 marine Mollusken-Arten. Anstatt der von einigen Autoren angenommenen ungünstigen Lebensbedingungen, auch der Austern, und der Suche nach deren Hartgründen bietet sich die Einschwemmung als plausible Lösung an.

Zu K 2

Das zweite Hauptargument aller früheren Autoren (außer MOOS) für eine marine Natur der Rinnenfüllung waren die Funde von Haifischzähnen. Diese sind indes oft schlecht erhalten, so daß FISCHLI unter tausenden von Zähnen keine vollständig erhaltenen Exemplare einiger Arten finden konnte. Als Begleiter treten neben den ebenfalls oft schlecht erhaltenen Austern Reste von Landbewohnern auf. Dies und die Funde von Haifischzähnen auch in den brackischen Schichten wie das allgemein überwiegende Vorkommen von gröberen Sedimenten lassen darauf schließen, daß die Haifischzähne auch in den pseudomarinen Austernagelfluhen und Grimmelfinger Schichten der Graupensandrinne nicht in situ liegen.

²⁵ BAUMBERGER verweist (1934a: 397) auf Befunde von v. MARTENS (1874) im indischen Archipel und von STAUB (1916) im Ästuar des Karangan-Flusses auf Ostborneo, daß im Brackwasser „weder Süßwasser- noch echt marine Mollusken zusammenleben. Neuere Befunde z. B. REMANE's bestätigen das.“

Zu K 3

Auch die von Bohrmuscheln (und Bohrschwämmen ?) befallenen, relativ seltenen Kalkgerölle können nicht als Indiz für Meeresablagerungen gelten, da drei Autoren sie von Weißjurakalken außer- und oberhalb der Molasse herleiten möchten.

Zu K 4

„Glaukonitkörner sind ... überwiegend als Bildungen im offenen Flachmeer in Wassertiefen von 50-500 m gefunden worden“ (FÜCHTBAUER 1988: 219). In den „marinen“ Sedimenten der Rinnenfüllung fehlt Glaukonit aber zumeist. Einige von Glaukonit umhüllte Foraminiferen-Steinkerne in Graupensanden halte ich nicht wie FISCHLI für in situ entstanden, da sie nur vereinzelt auftreten und die Begleitfossilien keinen Beweis für ein marines Milieu liefern (s. K 1, K 2). Weil der Glaukonit meist sporadisch, selbst in einzelnen Körnern und überwiegend in brackischen Schichten gefunden wurde, stammt er aus aufgearbeiteter OMM. Das haben Funde glaukonitischer Gesteinstrümmel aus der OMM in der Rinnenfüllung (SCHÖBER: 83 w; WERNER: 86 i) erhärtet. Schichtbildend tritt der Glaukonit nur in den Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne mit ihren brackischen Mollusken auf, nicht aber durchgehend, sondern nur an einigen Orten. Daß glaukonitische Sande in und über dem Mischgeröllhorizont vorkommen und dieser in Glaukonitsande übergehen kann, beweist ebenfalls die fremde Herkunft des Glaukonits. Sie wird mindestens zum Teil im Glaukonitsand der OMM zu suchen sein, der den Mischgeröllhorizont örtlich unterlagert und bei der Bildung der Erweiterten Graupensandrinne von der Kappung des OMM-Profiles verschont blieb (s. Kap. F 8).

K (6) Folgerungen

Entgegen allen bisherigen Aussagen (außer jener von MOOS) war das Molassemeer (abgesehen vom Brackmeer der Kirchberger Schichten) in der Graupensandrinne nie vorhanden. Marine Lebewesen und brackische bis limnische Mollusken können wegen ihrer unterschiedlichen Salzverträglichkeit nicht im gleichen Biotop gelebt haben. Diese Gruppen kommen zusammen aber nicht nur im postulierten Meer um und SW Schaffhausen, sondern auch nordostwärts davon in der nicht marinen Rinnenfüllung vor (s. unten, Abschnitt II). Die „marinen“ Zeugen in der Rinnenfüllung waren aus anstehenden OMM-Schichten in diese verfrachtet worden. Die tief gelegene Graupensandrinne war während ihres Bestands Vorfluter für die aus den höher gelegenen Gebieten im N und S kommenden Flüsse und ihre Frachten. Wahrscheinlich hat eine schon vor der brackischen Ingression beginnende Senkung des Rinnengebietes die erodierende Wirkung der Zuflüsse verstärkt. Dabei hat die Napfschüttung der Ur-Aare mit der Austernagelfluh im SW die von NE kommende Schüttung der Graupensandflusses mit seinen Grimmelfinger Graupensanden übertroffen und diese teilweise ausgeräumt. Die beiden fluviatilen Schüttungen haben sich verzahnt und nach der brackischen Ingression ihre Strömungen dann auch auf die Kirchberger Schichten eingewirkt. Wegen der jüngeren Entstehung der Graupensandrinne kann ihre Füllung weder mit den OMM-Schichten der Rinnenränder noch mit OMM-Schichten der Schweiz korreliert werden. Mangels eines Meeres in der Graupensandrinne können darin auch keine Gezeiten und Watten bestanden haben.

II. „Marine“ Zeugen in der Graupensandrinne östlich und nördlich des Bodensees

KIDERLEN hält es (1931: 292-293) angesichts eines nach SW fließenden und bei Schaffhausen in das Meer mündenden Stromes für verständlich, „daß die marinen Lamellibranchier und Fische, die Meeressäuger nach NO schnell abnehmen und schon im Hegau bis auf wenige Selachierzähne ganz verschwunden sind.“ Auf der Suche nach „marinen“ Zeugen in den Grimmelfinger und Kirchberger

Schichten der Graupensandrinne von der Iller her nach SW finden sich u. a. folgende Angaben:

a) MOOS (1925: 216) und frühere Autoren fanden in den Grimmelfinger Schichten der Ulmer Gegend spärliche, meist ausgelaugte Haifischzähne, seltene Knochenreste von Landsäugetieren und schlechte Pflanzenreste. Die Kirchberger Schichten (MOOS 1925: 232; 1926: 14, vorwiegend nach KRANZ 1904) führen bei Illerkirchberg brackische und limnische Mollusken, Haifischzähne und Säugerreste.

b) KIDERLEN verweist (1931: 309) auf diese Funde. Er hält (: 292) das Vorkommen vereinzelter Haifischzähne (wohl nicht über ein Dutzend) im Ulmer Gebiet „von geringer Bedeutung, seitdem das Eindringen von Haifischen in Ströme von der Mündung her beobachtet wurde“ [das wären von Schaffhausen bis Illerkirchberg 127 km]. „Selbst eine Aufarbeitung aus der M.M. muß in Betracht gezogen werden.“

c) KIDERLEN nennt (1931: 322, 372 Nr. 20) bei Landauhof (ca. 600 m NE Binzwangen, 6 km SW Riedlingen) in grobem Konglomerat und aufgearbeitetem Mergelsandstein der Kirchberger Schichten Haifisch- und Nagerzähne, Austertrümmer, Knochenstücke und Nester von Steinkernen des schwach brackischen bis limnischen *Viviparus suevicus*. „Das Eindringen der Haifische in die fluviatile Fazies bei Riedlingen wäre bei der geringen Entfernung nicht ungewöhnlich.“

d) KIDERLEN erwähnt (1931: 335, 372 Nr. 19) in Aufschlüssen entlang des Weges von Binzwangen gegen Landauhof in Kirchberger Schichten vereinzelt Haifischzähne und Glaukonitkörner neben *Viviparus suevicus* und Knochentrümmern. „Da sich diese Flußsysteme südlich der Rinne in M.M. eintiefen mußten, ist auch das Auftreten umgelagerter mariner Komponenten nicht verwunderlich.“

e) Laut KIDERLEN (1931: 322-323, 335) kommen am Südfuß des Bussen (500 m NW Offingen) in groben Sanden der Kirchberger Schichten abgerollte Haifischzähne, daneben Nagerzähne sowie stark abgerollte Austertrümmer vor, die aus der OMM aufgearbeitet sein können.

f) KIDERLEN erwähnt (1931: 322) in Kirchberger Schichten „südlich Sigmaringen“ häufige Haifischzähne; (: 323-324) auf Bl. 7921 Sigmaringen) NE Göggingen Austertrümmer samt brackischen Mollusken; Haifischzähne im Ablachtal bei Igelswies und Menningen (beide auf Bl. 7920 Leibertingen).

g) KIDERLEN beschreibt (1931: 325 ff.) die Kirchberger Schichten am Nordrand der Graupensandrinne „bei der römischen Siedlung ('Altstadt' bei Heudorf)“ auf Blatt 8020 Meßkirch (4,2 km WSW Meßkirch, 1,5 km SSW Heudorf). Er zitiert daraus u. a. Selachier- und Säugerreste, Juragerölle und jurassische Versteinerungen. Der Fundort liegt im Delta eines von NW mündenden Seitengewässers (: 306, 326), aus dessen Einzugsgebiet ein Teil der Funde eingeschwemmt wurde. „Marine Vertebraten können aber auch durch den brackischen Abschnitt der Rinne von der Mündung bei Schaffhausen her in die brackischfluviatile Fazies eingedrungen sein.“ Weiteres s. j).

h) M. SCHMIDT vermerkt (1937: 38) in Kirchberger Schichten auf Blatt Sigmaringen bei Göggingen Haifischzähne und brackische Mollusken, in Abb. 2 glimmerführende glaukonitische Sande mit gerollten Austerbruchstücken und darüber eine Geröllschicht mit Brackwassermollusken und Trümmern gerollter Austernschalen; außerdem (: 40) „eine Meile [= 7,5 km] südöstlich Mößkirch, bei Gaisweiler“ [s. KIDERLEN 1931: 334-335 nach Aufzeichnungen von HILDENBRAND] Haifischzähne in einem Konglomerat alpiner Gerölle und Süßwasserkalkbrocken [der Erweiterten Graupensandrinne] über OMM.

i) WERNER nennt (1975: 51 Abb. 7) auf Bl. 8020 Meßkirch aus Kirchberger Schichten bei der „Römischen Altstadt“ ein glaukonitisches Mittelsandstein-Geröll und Schalenreste aus umgelagerter OMM. Er registriert (: 52-53) zahlreiche Säugerreste, an Haifisch-Arten *Lamna denticulata*, *L. elegans*, *Oxyrhina desori* und *Otodus macrotus*, dazu brackische und brackisch-limnische Mollusken. Es sind „ältere, umgelagerte Bestandteile vor allem aus der O.M.M. durchaus möglich.“

j) WERNER erwähnt aus Kirchberger Schichten in Aufschluß (= A-) Bohrungen u. a. in A 1 (: 179) „Gerölle von glaukonitischem, Austernschalenrümmer führendem Feinsandstein, Schneckenreste (*Bithynia* sp.)“; in der Liegendschicht Schneckenreste (*Bithynia*) und einen Haifischzahn; darunter Feinsandstein mit wenig Glaukonit und zuunterst u. a. Ton, glaukonitführend, Blöcke von Mittel- bis Grobsandstein, glaukonitreich und Muschel- und Schneckenrümmer, A 3 (: 180) glaukonitisches Mittelsandstein-Geröll (s. oben, i); A 4 (: 181) glaukonitführende BM mit umgelagerter OMM; A 30 (: 189) Schluffmergel mit Glaukonit, wenig kleinen Foraminiferen und Schalenrümmer; A 31 (: 190) Gerölle von Austernschalen; A 32 (: 190) umgelagertes OMM-Material; A 37 (: 193) vereinzelt deformierte Glaukonite. — Von diesen Bohrungen liegen A 1, 3 und 4 in der Eigentlichen, die anderen in der Erweiterten Graupensandrinne.

pensandrinne. WERNER erwähnt mehrfach in Kirchberger Schichten umgelagerte Weißjura-Fossilien, Juranagelfluh- und Weißjura-Gerölle. **k)** Nach RUTTE (1981: 160) wird durch die vielen Haifischzähne „eine außergewöhnlich weite (rinnenaufwärtige) Wanderung der Haie bewiesen.“

K (6) Folgerungen

Die „marinen“ Zeugen in K I und K II unterscheiden sich nur in ihrer Häufigkeit, was auf der verstärkten Erosion der OMM durch die Uraare=Napfschüttung südwestlich Schaffhausen und deren gegen N und NE nachlassenden Transportkraft beruht. Erosionen und Aufarbeitungen der OMM durch Seitenflüsse der Rinne im Bereich K II sind demgegenüber schwächer. Die differierenden Meinungen betreffs einer Wanderung der Haifische vom Schaffhausener Molassemeer nach NE oder aber die Herkunft ihrer Zähne aus aufgearbeiteter OMM sind zugunster der letzteren entschieden, da jenes Meer bei Schaffhausen nicht bestand. Im übrigen gelten die einschlägigen Folgerungen (: 85) auch für diesen Bereich (II) der Graupensandrinne und ihre Füllung.

L. Die vermeintliche Verbindung des „Molassemeeres“ in der Graupensandrinne mit dem Helvet-Meer der Schweiz

Nachdem MOOS (1925) die Graupensandrinne und ihre Füllung entdeckt hatte, haben KIDERLEN (1931) und die nachfolgenden Autoren deren SW-Teil ab Schaffhausen mit dem Helvet-Meer der Schweiz in Verbindung gebracht.

1. Literaturangaben zum Gebiet Südbaden/NE-Schweiz

a) KIDERLEN hatte zunächst (1928: 601) angenommen, daß nach der „fluviatilen Fazies der Grimmelfinger Sande“ die brackischen Kirchberger Schichten „durch einen Vorstoß des Meeres von SW her (Austernagelfluh)“ eingeleitet wurden. Dann zeichnet er (1931: 304 Abb. 10) von der Mündung des Graupensandflusses in das Meer bei Schaffhausen (: 292) bis Riedern (am Skizzenrand) „marine Fazies“ der Grimmelfinger Schichten ein und verbindet sie mit der marinen Fazies der Bucht von St. Gallen. Auf seiner Abb. 12 (nach: 328) bedeckt „Meeresmolasse“ zur Zeit der Kirchberger Schichten das Gebiet NNE Benken bis über Riedern hinaus und reicht in die Schweiz hinein. KIDERLEN korreliert (: 356) jeweils unter OSM-Bedeckung „Grenznagelfluh“ bei St. Gallen-Rorschach mit „Austernagelfluh-K.Sch.“ im Hegau-Oberschwaben; weiterhin im Schweizer Gebiet darunter liegende „Marine Mergel und Sande mit einzelnen Nagelfluhbänken“ mit hiesigen „Grimmelfinger Schichten und Hiatus“. **b)** Für HAUS (1951: 57) zeugt „Ein mehrfacher Wechsel von marin, brackisch und süß“ in den Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne „von dem von Südwesten her weit in die brackische Bucht hinein reichenden Einfluß des in der Nordschweiz zu dieser Zeit persistierenden Helvetmeeres.“ Ihm scheint (: 59) „eine altersmäßige Gleichsetzung der schweizerischen Austernagelfluh des nördlichen Kantons Zürich und des Aargaus mit den Kirchberger Schichten gesichert“. Es ist (: 64) „die jüngere Helvet-Transgression, die weitreichendste marine Transgression in der Schweiz, einsetzend mit einem Geröllhorizont der sog. Palygenen Nagelfluh, auch Grenznagelfluh, und der Austernagelfluh sehr gut verfolgbar. Die Schüttung der Polygenen Nagelfluh und der Austernagelfluh ist offenbar das Analogon der Geröllschüttung unserer Kirchberger Schichten.“ Laut HAUS (1952: 28) sind die den Kirchberger Schichten „gegen SW stratigraphisch entsprechenden Austernagelfluh, Polygene Nagelfluh, Grenznagelfluh usw., die allseits von marin-brackischem Helvétien überlagert werden, eindeutig jünger als der Albstein.“ **c)** HOFMANN schreibt (1951: 52), daß im Bodenseegebiet und in der gesamten schweizerischen Molasse des Mittellandes und weit nach E die „Obergrenze der Oberen Marinen Molasse durch die mächtige Schüttung der ‘Oberen Grenznagelfluh’ gekennzeichnet ist. Es trat nicht eine Aussüßung des Helvétienmeeres, sondern eine totale Verlandung des Molassetroges ein.“ Laut HOFMANN (1967a: 193) läßt sich „Die

Siltsteinzone über der Austernagelfluh von Wiechs und Tengen ... sehr schön mit den feinsandigen Deckschichten am Überlingersee vergleichen.“ Und (1967a: 199): „Vermutlich gehören die aargauischen Quarzitnagelfluhen zu den Kirchbergerschichten, doch ist der Anschluß nach W noch kaum erforscht.“ Dazu (1987: 194): „Die Verbindung [der Kirchbergerschichten] mit den nordzürcherischen und aargauischen Austernagelfluh-Schichten ist nicht genau feststellbar.“ **d)** Bei BÜCHI (1956: 260 Tab. 1, Taf. XIII) ist die Obere Grenznagelfluh „Helvétien“. Er beschreibt sie (: 268 ff.) und führt Makrofossilien (: 270-271 Tab. 2) und Mikrofossilien (: 281 Tab. 3) an, die auf marines (: 314) bis marin-brackisches Milieu hinweisen. Zwischen St. Gallen/St. Georgen und Goldach liegen über der Grenznagelfluh die Goldbrunnen-Schichten (Tab. 1, 269, Tab. 13).²⁶ „Mit der Schüttung der Oberen Grenznagelfluh zog sich das Meer endgültig aus dem Untersuchungsgebiet zurück.“ Unmittelbar über der Grenznagelfluh liegt fluvioterrestrisches Torton, an der Sitter mit tortonen Landschnecke (: 314). Bei BÜCHI (1960: Tabelle I) endet der 2. Sedimentationszyklus bei St. Gallen mit der Oberen Grenznagelfluh. Über dem 2. Zyklus liegt von der Ostschweiz (Zürichsee-Limmat) bis Andelfingen, im Hegau etc. die „Basiszone der OSM, Tortonien“ und im Illergebiet-Lechgebiet das Torton. Mit dem 2. Sedimentationszyklus von St. Gallen korreliert BÜCHI die Schichtfolgen bei Andelfingen und Benken. Auf gleicher Höhe zeigt die Tab. im Iller-Lechgebiet die SBM (LEMCKE's & a. 1953) und die Graupensandrinne mit ihrer Füllung. Unter der SBM hier der „2. Sedimentationszyklus“ mit dem „Baltringerhoriz.“, unter der Graupensandrinne „z. T. Schichtlücke“ eingezeichnet.²⁷ BÜCHI bemerkt auch hier (1960: 451), daß die Abgrenzung Helvétien/Tortonien „lithologisch durch den Rückzug des Helvétienmeeres gegeben“ ist. **e)** BÜCHI & HOFMANN korrelieren (1960: 12 Tab. I) den 2. Sedimentationszyklus bei St. Gallen, der mit der Oberen Grenznagelfluh endet, mit der „Quarzitnagelfluh“ und der darüber liegenden „Siltsteinzone“ bei Schaffhausen, Wiechs/Tengen. **f)** Zuzolge BÜCHI & SCHLANKE (1977: 65, 66 Tab. 2) besteht die obere Abteilung der OMM, das Helvetian, im Schweizer Mittelland aus drei Sedimentationszyklen, die jeweils mit einer Nagelfluhschüttung und transgressiven Tendenzen beginnen. Der Baltringer Horizont Süddeutschlands entspricht der Dreilindennagelfluh, das heißt der Basis des 2. Zyklus. „Der letzte, mit der Oberen Grenznagelfluh beginnende Zyklus ist nicht überall entwickelt. Altersmäßig entspricht dieser Zyklus den Sedimenten in der Graupensandzone im Nordteil des Beckens.“ Auf Tab. 2 ist bei St. Gallen über der Oberen Grenznagelfluh „Lokal Sandstein u. Mergel“ vermerkt. „Die Abgrenzung der OMM zur ... hangenden OSM kann nur lithofaziell durchgeführt werden.“ **g)** Laut HABICHT (1987: 299-300) liegt die „polygene OGN“ (Obere Grenznagelfluh) im „zentralen Hörnli-Schuttfächer“ westlich der Sitter in limnofluviatiler Fazies, am Ostrand von St. Gallen in eindeutig mariner Fazies vor. „Schon unmittelbar nach der OGN war das Meer dann aus dem ganzen ostschweizerischen Raum verschwunden“ (s. BÜCHI 1956: 314, oben, c). **h)** In SCHREINER's Tab. 1 (1970: 35) steht der Albstein des Hegaus und des NW-Bodensee-Gebietes in Bezug auf die NE-Schweiz zwischen „Schiefermergel“ und „Dreilingennagelfluh“, die dortige „Ob. Grenznagelfluh“ in Höhe der hiesigen Kirchberger Schichten.

(2) Diskussion zu (1)

In den Literaturangaben kommt die Unsicherheit der Korrelierung der nordostschweizerischen OMM/OSM, jener im westlichen Bodenseegebiet und der Füllung der Graupensandrinne zum Aus-

²⁶ Laut Mitt. von Herrn HOFMANN sind die Goldbrunnenschichten „marine Plattensandsteine, die in St. Gallen lokal noch über der Oberen Grenznagelfluh liegen, die selbst auch marine Fossilien enthält. Es handelt sich um den Mündungsbereich der Hörnlichüttung in das OMM-Meer, das offenbar noch kurzfristig über die Geröllzufuhr hinaus überlebte. Wahrscheinlich ist auch nach meiner Ansicht, dass die Graupensandrinne erst nachher ausgeräumt wurde.“

²⁷ Für BÜCHI's letzten Sedimentationszyklus bei Andelfingen stehen bei HOFMANN (1967c: 4 Fig. 1) „1. Kirchbergerschichten ... mit Lagen von Austernagelfluhen (Quarzitnagelfluhen). 2. Grimmelfingerschichten: Grobsande (Graupensande) mit Lagen von Austernagelfluhen.“ Die genannten Schichtpakete bei Andelfingen, Benken und im Iller-Lechgebiet liegen als gleich alte Bildungen in der Graupensandrinne. Dagegen gehört der Baltringer Horizont (Typuslokalität zwischen Laupheim und Biberach/Riß) zur strandnahen OMM-Fazies SE der Graupensandrinne (vgl. ZÖBELEIN 1985b: 220 Nr. 41; Molassekarte). Den Baltringer Schichten ist das Alpine Konglomerat in der nördlichen Randfazies (NW der Graupensandrinne) korreliert (1985b: 213 Nr. 12).

druck. Während im Hegau und seiner Nachbarschaft die fortschreitende Verdrängung und Aussüßung des Helvetmeeres in form der Deckschichten, der Heliciden-Schichten und des Albsteins zu verfolgen ist (die HOFMANN 1976: 6 Fig. 4 noch zur OMM, ich zur OMM i. w. S. zählen), endet die OMM in der NE-Schweiz abrupt mit der Oberen Grenznagelfluh. Es ist unwahrscheinlich, daß die Verdrängung des Helvetmeeres durch Hebung des Untergrundes hier wesentlich anders als in seinen Randgebieten verlief. Zwischen der totalen Verlandung des Molassetroges, welche die OSM bezeugen soll, und der Oberen Grenznagelfluh liegt eine beträchtliche Schichtlücke. Sie umfaßt die oben genannten Aussüßungssedimente der OMM und darüber den obersthelvetisch-untertortonen (oberottnangisch-unterkarpatischen) Hiatus. Erst danach wurde die OSM des Torton (ab Oberkarpat = A 7 etc. in ZÖBELEIN 1991: Tab. 1) im Bereich des Bodensees und der Grenznagelfluh flächenhaft abgelagert. Der Oberen Grenznagelfluh als letzter OMM-Schicht entspricht im westlichen Bodenseegebiet das Alpine Konglomerat, auf welches S. 88²⁷ verwiesen wurde. Ein Eindringen des Molassemeeres von der NE-Schweiz in die Graupensandrinne ist also auszuschließen, wie schon die Überprüfung ihrer Füllung (Kap. K) ergeben hat. Herr HOFMANN hat zu einigen meiner Überlegungen dankenswerterweise mit Brief vom 30. 12. 90 Stellung genommen: „Die Füllung der Graupensandrinne muss jünger sein, als irgend eine Bildung der OMM in der Ostschweiz, also jünger als die Obere Grenznagelfluh von St. Gallen. Für die Fortsetzung der Sedimente der Graupensandschüttung oder ihrer Aequivalente in Richtung Aargau fehlt es an Aufschlüssen und an Untersuchungen. In St. Gallen besteht eine entsprechende Schichtlücke.“

(3) Gebiet vom Baseler Juranagelfluh bis Eglisau–Zurzach (Hochrhein) (aus STUMM)

STUMM gliedert (1964: 160 Abb. 2, 165) die unter-(?) bis mittelmiozänen Sedimente des Tafeljura profilaufwärts im Basler Tafeljura in „Tenniker Muschelagglomerat aufgearbeitet in albsteinartigen Bildungen; Obere Meeresmolasse von Oltingen“; im Aargauer Tafeljura in „Citharellenkalk, Randengrobkalk (aufgearbeitet)“; im Hochrheingebiet zwischen Eglisau u. Zurzach, nach VON BRAUN 1953 [1954] in „Austernagelfluh, Geröllführende Sande, Turritellenkalk, Kalkkonglomerate und Graupensande, exotische Gerölle (alpin)“. Über diesen Schichten liegen im Oberhelvet „Helicidenmergel“, im E des Untersuchungsgebietes bei Zeglingen–Wölflinswil „mit vermutlichen Übergängen in albsteinartige Bildungen“ (: 125 = ‘Krustenkalke’). Die „Helicidenmergel bilden das stratigraphisch jüngste Glied der Oberen Meeresmolasse“ (: 177). Im Hangenden folgt Untertorton in Form von „Juranagelfluh-Rinnenablagerungen“ (die bei Zeglingen–Wölflinswil fehlen) und „Juranagelfluh (nördlich des Rheins)“ im Hochrheingebiet. „Die Juranagelfluh-Schüttung (Tortonien) erfolgte in zwei Phasen: einer Rinnenbildung und Ausfüllung derselben sowie einer flächenhaften Fächerschüttung auf den Tafeljura.“ „Die Süßwasserablagerungen (Kalke und Mergel) zwischen Zeglingen und Wölflinswil sind zur selben Zeit entstanden wie die Fächerschüttung der Juranagelfluh“ (: 210). Eine „Faunenliste des marinen Helvétien (Tenniker-Muschelagglomerat)“ (: 210-212, leg., det. F. WOLTERS DORF) weist 40 Arten Lamellibranchiata, darunter 8 Austern-Arten, und 84 Arten Gastropoda auf. Haifischzähne und eingeschwemmte Landbewohner werden nicht genannt.

(4) Diskussion zu (3)

Die Helicidenmergel, die streckenweise vermutlich in „albsteinartige Bildungen“ übergehen, zeigen die ausgehende OMM i. w. S. an.²⁸ Sie sind in der st. gallischen OMM infolge tiefergreifender Abtragung nicht mehr erhalten. Wenn laut HABICHT (1987: 300) das Molassemeer am Ende des Helvétien aus dem ganzen ostschweizerischen Raum verschwunden war, dann entsprechen sich die letzten marinen Schichten, nämlich die Obere Grenznagelfluh (samt den Goldbrunnenschichten) um St. Gallen und das Tenniker Muschelagglomerat (das HABICHT unter diesem Namen nicht aufführt).

²⁸ Die Helicidenmergel an der Küssaburg im Klettgau, die STUMM (1964: 160) aus HOFMANN (1961: 135) zitiert, gehören laut SCHÖBER (1989: 86, 87) zu einem Breccienkalk, der als Hangschutt am NW-Rand der Graupensandrinne liegt. Sie wurden dorthinein abgeschwemmt.

Als dessen Äquivalent betrachte ich nicht wie STUMM (: 160 Abb. 2) den „Randengrobkalk (aufgearbeitet)“ [1], sondern wie im Gebiet der Oberen Grenzragelfluh das darüber folgende Alpine Konglomerat, ein Korrelat der Baltringer Schichten (ZÖBELEIN 1985b: Taf. 1, 1. Profil Nr. 12, 4. Profil Nr. 41). Die „Rinnenbildung“ als STUMM's erste Phase der Juranagelfluh-Schüttung setzt ein Gefälle mit Erosionswirkung zu einem Vorfluter und damit eine Sedimentationsunterbrechung (Schichtlücke) voraus. Sie hielt bis zur „flächenhaften Fächerschüttung“ der Juranagelfluh an. Die Gegebenheiten in STUMM's Gebiet entsprechen jenen im Bereich der Graupensandrinne hinsichtlich des Ausgangs der OMM an deren Rändern, der Eintiefung eines Vorfluters und der Bildung eines (im Bereich der Graupensandrinne obersthelvetisch-untertorton) Hiatus. Das spricht für die Fortsetzung der Graupensandrinne bis in das Basler Gebiet und deren untertortone Auffüllung (STUMM's „zweite Phase“). Die nachfolgenden flächenhaften Überdeckungen im „Obertorton“ (: 160 Abb. 2; vom Oberkarpat an) im Bereich der Graupensandrinne, um St. Gallen und in STUMM's Gebiet entsprechen sich. Von letzterem kann also auch kein nochmaliger Vorstoß des Oberhelvet-Meeres in die Graupensandrinne erfolgt sein.

(5) Schweizerisches Mittelland und Juragebiet (aus BAUMBERGER)

Laut BAUMBERGER (1927: 147) deckt das Tenniker Muschelagglomerat („gleichaltrig mit dem Citharellenkalk am Randen und in Schwaben“) eine Transgressionsfläche aus Malm und Doggerhorizonten ein. „In allmählichem Übergang folgen über diesen marinen Absätzen vorherrschend rote Mergel mit Einschlüssen von Süßwasserkalken und Juranagelfluh, die zusammen als eine stratigraphische Einheit aufgefaßt werden müssen“ und als Helicidenmergel bezeichnet werden. BAUMBERGER faßt (: 160) die Helicidenmergel „als eine besondere Fazies des obersten Helvétien (marines Unterindobonien)“ auf. „Diese fluviatilen Bildungen, in der Hauptsache von Norden herbeigeführt, überschütten die Strandbildungen des sich aus dem Gebiet des heutigen Nordjura zurückziehenden Vindobon-Meeres, während im Mittelland die Meeresbedeckung noch weiter andauerte.“ Über den Helicidenmergeln folgen die petrographisch und faunistisch wesentlich verschiedenen Süßwasserkalke und Mergel der Silvana-Schichten. BAUMBERGER nennt (: 158 ff.) ihre weite Verbreitung im Juragebiet, Mittelland und Grenzgebiet zur subalpinen Molasse. — BAUMBERGER betont (1934: 64) und skizziert (Taf. V) das weite Übergreifen des Helvétien auf den Kettenjura, wo die „äußere Transgressionszone“ auf Malm und Dogger liegt. „In dieser letztem treffen wir ausgesprochene Strandbildungen: Die Citharellenkalk (Randengrobkalk) auf dem Randen (Schaffhausen) und in Schwaben, das Tenniker-Muschelagglomerat im Aargauer und Basler Juranagelfluh.“ Der Autor verfolgt Spuren dieser Agglomerate westwärts und findet sie u. a. im Solothurner Jura und „bei Montfaucon (Plain de Seignes), hier Turritellenbreccien ... und rötliche, kalkige Mergel mit Heliciden (Helicidenmergel).“ „Ueber den marinen Ablagerungen folgen die sog. Helicidenmergel...“, die in ihrer Verbreitung auf den nördlichen Ufersaum des Helvétienmeeres beschränkt sind. Im Kettenjura sind sie bekannt von LeLocle und Verrières im Kanton Neuenburg (s. Taf. V Nrn. 43, 44; unsere S. 69¹⁷). „Die Helicidenmergel schließen im Tafel- und Kettenjura das Helvétien nach oben ab und bilden das unmittelbar Liegende des Torton in der Facies der Silvanaschichten.“ S. 65: „Die Sediment des Helvétien sind im Mittelland östlich der Emme und im ganzen Jura noch vielerorts von Süßwasserbildungen eingedeckt.“ Gestützt auf Vorkommen von Silvana-Schichten, u. a. im Berner Jura, „dürfen wir annehmen, daß ursprünglich das Miocæn auch in der Westschweiz vorhanden gewesen, aber der Abtragung anheimgefallen ist.“ Im Schweizer Mittelland dringen die „miocænen Nagelfluhen“ des Napf- und Hörli-Schuttfächers weit nach N, die ersteren um die 10 km bis zum Südrand des Kettenjuras vor (Taf. V). HOFMANN verweist (1987: 153) auf Helicidenmergel u. a. im Berner und Neuenburger Jura, HABICHT (1987: 302) auf die Genfersee-, Thunersee- und Napf-Schüttung als Haupt-Sandlieferanten der OMM des schweizerischen Mittellandes.

(6) Diskussion zu (3) und (5)

BAUMBERGER's Aussage (1927: 160), daß während der Schüttung der Helicidenmergel „im Mittelland die Meeresbedeckung noch weiter andauerte“, von dort her also zeitentsprechend ein Meeresvorstoß in die Graupensandrinne hätte erfolgen können, hat mich zur mühsamen, doch nützlichen Analyse der Rinnenfüllung veranlaßt. 1934 spricht BAUMBERGER nicht mehr von einem Fortbestehen eines jüngsten Teils des Helvetmeeres nach der Bildung der Helicidenmergel. Er erklärt, daß diese im Tafel- und Kettenjura das Helvétien abschließen und das unmittelbar Liegende der tortonen Silvanaschichten bilden. Freilich wurden in strandnähere Sedimente des ausgehenden Helvetmeeres zunächst noch rote Verwitterungsprodukte eingeschwemmt, wie sie bei Montfaucon, aber auch in marinen OMM-Schichten Südwestdeutschlands und der NE-Schweiz zu finden sind (ZÖBELEIN 1983: 44-45). Daß aber über den Helicidenmergeln wie in STUMM's Gebiet Silvana-Schichten folgen, diese in BAUMBERGER's Gebiet westlich der Emme nur in Resten, östlich davon aber vollständiger erhalten sind, und Helicidenmergel noch im Berner Jura vorkommen, läßt auf ein Ende des Helvetmeeres nach der Bildung von Heliciden-Schichten und Albstein auch im Schweizer Mittelland schließen. Das Meer hätte über den Raum Baseler Jura-Hochrhein (STUMM) hinweg auch keine jüngste Fortsetzung bis in die Graupensandrinne finden können, wo es faktisch auch nie vorhanden war (Kap. K).

M. Fortsetzung des Graupensandflusses von Schaffhausen nach SW

M (1) Belege aus der Literatur

Mangels eines Meeres in der Graupensandrinne (Kap. K und L) und somit auch „jüngere(r) marine(r) Transgressionen“ (BÜCHI & HOFMANN 1960: 15 Fig. 1) sowie mangels einer Auffüllung des „marinen“ Rinnenteils durch das stetig aus NE zugeführte Material muß der Graupensandfluß seine gewaltigen Erosionen (Abb. 4) von Schaffhausen über Riedern/Grießen nach SW zu fortgeführt haben. Die Bestätigung für diese Fortsetzung der Graupensandrinne liefert HOFMANN's „Paläogeographische Skizze der OMM der NE-Schweiz“ etc. zur Zeit der ausgehenden OMM (1967a: 192 Abb. 4 wie 1967c: 7 Fig. 2 wie 1976: 7 Fig. 5; ergänzt in EBERHARDT 1979: 62 Abb. 18; leicht verändert in HECKEL 1983: 64 Abb. 13; ähnlich wie bei HOFMANN in W. H. MÜLLER & a. 1984: 128 Abb. 63). HOFMANN's Abbildung ist als unsere Abb. 7, in Kap. G: 31 wiedergegeben. Darin endet der Nordrand der Graupensandrinne (B) am Skizzenrand ca. 3,5 km WSW Olten an der Aare bzw. ca. 70 km SW Schaffhausen (52 km SW Riedern-Grießen) und der Südrand der Erweiterten Graupensandrinne (D) zur Zeit der Ablagerung der Kirchberger Schichten ca. 25 km südlich von B, womit die Breite der Gesamten Graupensandrinne am Skizzenrand gegeben ist. 25 km Breite hat die Gesamte Graupensandrinne auch auf der Höhe des Überlinger Sees (HAUS 1951: 57). HOFMANN (1989: 7 Abb. 5) zeichnet den Materialtransport durch den Graupensandfluß durchgezogen bis zu den Graupensandgruben (Kap. G 4) und von dort gestrichelt weiter bis etwa 35 km über das Ende des Neuenburger Sees nach SW. Laut BÜCHI & HOFMANN (1960: 20) reicht der Grobsandtransport von NE, der u. a. rote Quarze und Andalusit wie die Graupensande in der Graupensandrinne führt, weit nach Westen bis in den Berner und Neuenburger Jura. Bei Le Locle finden sich Reste von Randengrobkalk mit Graupensand (HOFMANN, briefl. Mitt. vom 7. 7. 1990). NAEF & a. erwähnen (1985: 23) im Berner Jura eine „alpin-moldanubische“ Mischfazies mit 'nichtalpinen' Schwermineeralien wie Andalusit, Topas etc.²⁹ Die oben genannten Gesichtspunkte sprechen für eine Fortsetzung

²⁹ BAUMBERGER nennt (1934: 64, 67) bei Le Locle und Verrières im Kettenjura Helicidenmergel als oberstes Helvet über marinen Absätzen. FAVRE (in FAVRE & BOURQUIN 1937: 21, 29, 35, 37) erwähnt aus Gompholithen des Helvétien u. a. die schwach brackische *Hydrobia subsulcata* SANDB. SANDBERGER zählt sie (1874: 567, 576) zu den „eigenthümliche(n) Fossilien“. Typische Arten der Kirchberger Schichten fehlen.

der Graupensandrinne nach SW gegen das Rhonegebiet. Diesen Weg hat auch die Glimmersandschüttung des Torton genommen (vgl. HOFMANN 1969: 280), die W. H. MÜLLER & a. (1984: 129) „ein etwa 20 km breites, sehr konstantes Stromsystem“ nennen. Damit entfallen alle Aussagen und Korrelierungen, die sich auf die Annahme gestützt hatten, daß die Graupensandrinne von Schaffhausen ab vom jüngsten Teil des Helvetmeeres erfüllt war. Weiterhin wird es unmöglich, die Ingression des Brackmeeres von der Schweiz her oder seinen Rückzug dorthin zu postulieren. Gegengründe hatte ich schon (1985b: 234) angeführt und die brackischen Mollusken der Kirchberger Schichten mit MOOS, KIDERLEN zum Teil und mit PFANNENSTIEL aus E hergeleitet. Eine Zuwanderung der brackischen Molluskenfauna aus der Schweiz ist auch deshalb unmöglich, weil sie sich aus den dortigen Marinafaunen nicht entwickelt haben konnte.

Eine Bestätigung für die Fortsetzung der Graupensandrinne nach SW liefert ein Ausschnitt aus HOFMANN's Gebiet auf v. BRAUN's Tafel VIII (1954, s. dazu Tab. 8: 167 = unsere Tab. 1: 44.), der von Balzersweil in NE (5 km NE Riedern) bis Baldingen und Vogelsang im SW (1,5 bzw. 3 km S Rekingen a. Rh.) reicht. Es liegen hier über USM oder Weißjura „4. Unteres Helvétien: Turritellen- und Grobkalk, Graupensande und Konglomerate, geröllführende Sande“, also OMM der nordwestlichen Randfazies. Begleitet wird Nr. 4 durch „3. Oberes Helvétien: Austernagelfluh und brackische Übergangsschichten“ (letztere = Melaniensande). Die Schichten Nrn. 4 und 3 reichen ziemlich geschlossen von Baldersweil bis Reutehof (s. unsere Abb. 8: 60) und in vereinzelter Vorkommen bis Vogelsang. Nr. 4 ist der NW-Rand, Nr. 3 ein Teil der Eigentlichen Graupensandrinne, die bei Vogelsand noch 30 km SW Schaffhausen belegt ist.

M (2) Zum Südteil der Graupensandrinne zwischen Rekingen a. Rh. und Irschel (Schweiz)

Zu v. BRAUN's Tafel VIII sei ergänzend bemerkt, daß sie östlich von Vogelsang vereinzelt Nr. 3 („Austernagelfluh und brackische Übergangsschichten“) aufweist, nämlich S Weidach, von Windlach nach N und 1-1,5 km im SW bis SSE von Station Eglisau. Da Nr. 3 an diesen Orten von Nr. 5, „Grob- und Muschelsandstein, glaukonitische Sande etc.“ unterlagert wird (: 149), liegt Nr. 3 hier in der Erweiterten Graupensandrinne. In dieser liegen bei HOFMANN (1967a: Abb. 8) auch die „Kirchbergerschichten“ W und S Rüdlingen a. Rh. (3,5 km ENE Eglisau), jene bei Flaach (2,6 km E von Rüdlingen) und jene zwischen Flaach und Andelfingen a. d. Thur.

Im WSW-ENE-Profil von NAEF & a. (1985: Profil C auf Beil. 3) folgen auf der Strecke von Horn (zwischen Reuss und Limmat) bis zum Irschel über USM „OMM, Glaukonit- u. Muschelsste.“, darüber „Ka Karpat: Alpine Gerölle, Graupensande, Kirchberger Schichten“, die von „OSM“ (meist Glimmersanden) überdeckt werden. Offenbar faßt die Legende unter „Ka“ verschiedene Schichten zusammen. Denn (Grimmelfinger) Graupensande liegen in der Regel auf USM oder Weißjura. Weil das (nach Profilmastab ca. 30 m mächtige) „Ka“ von Horn bis zum Irschel aber zwischen OMM und OSM liegt, stellt es hier die Kirchberger Schichten der Erweiterten Graupensandrinne dar (vgl. unsere Abb. 4: 12). Damit stimmen die obigen Zuweisungen zur Erweiterten Graupensandrinne aus HOFMANN (1965a. Abb. 8 und v. BRAUN (1954. Taf. VIII), jene SCHOBER's von Rütigen und Roßberg SE Osterdingen (unsere S. 57) und die aus WÜRTENBERGER über das Irschelgebiet (unsere S. 41 mit Hinweis auf NAEF & a.) überein.

M (3) Die Graupensandrinne auf GK 25 Andelfingen (Schweiz)

Auf Blatt Andelfingen (Ort an der Thur, je 12 km ENE Eglisau und SSE Schaffhausen) zeichnet HOFMANN (1967c: 5 Fig. 1) in seinem schematischen NW-SE-Profil durch die OMM ab Profilirand bis Trüllikon (= 3,5 km) „Grimmelfingerschichten: Grobsande (Graupensande) mit Lagen von Austernagelfluhen“ auf USM, die am SE-Rand in Glaukonitsandstein der OMM eingeschnitten sind. Sie liegen daher in der Eigentlichen Graupensandrinne. Darüber folgen von Trüllikon bis ca. 1 km über Ossingen (Ortslage s. unsere Abb. 3: 11) hinaus (= ca. 7,6 km) „Kirchberger Schichten: mittel-

und feinkörnige Sande mit Lagen von Austernagelfluhen (Quarzitnagelfluhen)“ auf Glaukonitsandstein. Ihr SE-Rand grenzt an Glaukonitsandstein und darüber an Schiefermergel der OMM, welche letztere die Oberfläche der Kirchbergerschichten teils überragen. Deren ca. 7,6 km liegen somit in der Erweiterten Graupensandrinne. Die tiefer liegende Oberfläche der Kirchbergerschichten wie die höher liegende der Schiefermergel werden von OSM überlagert. „Die genannten Austernagelfluhen und die sie überlagernden Sande (Kirchbergerschichten) stellen die Sedimente dar, die nach Ausräumung der Graupensandrinne darin im oberen Helvétien abgelagert wurden“ (: 6). Weil der ausräumende Graupensandfluß vermeintlich bei Schaffhausen ins Meer mündete, stellt HOFMANN die Grimmelfinger- und Kirchbergerschichten zur OMM. Er bemerkt allerdings, daß die Kirchberger Schichten seines Gebietes „stets glaukonitfrei“ sind und Austern „in den entsprechenden Schichten der Gruben von Benken und Wildensbuch“ vorkommen.

Diskussion zu M (3)

Wie die Profile durch das Bodenseegebiet zeigen (SCHREINER 1966a: 40 Abb. 3; HOFMANN 1976: 5 Fig. 3), steht am NW-Rand der Albsteinschwelle (im HAUS'schen Sedimentationsbereich I; vgl. unsere Abb. 3) die OMM i. w. S., das heißt einschließlich des Albsteins an, jedoch ohne die bis hierhin nicht mehr eingeschwemmten Heliciden-Schichten. Darüber transgrediert nach dem Hiatus im Oberhelvet-Untertorton (Oberrottang-Unterkarpat) die OSM. In HOFMANN's Profil durch die OMM im Blattgebiet Andelfingen (1967c: 5 Fig. 1) liegen im gleichen Bereich „Schiefermergel (Sandschiefer)“ auf Glaukonitsandstein (= Heidenlöcherschichten) und dieser auf USM. Es fehlt also die hohe OMM samt ihrer Aussüßungsfolge. Daß der Albstein (und wohl auch die Deckschichten) vorhanden waren, beweisen Albsteinbrocken in den Kirchberger Schichten (HOFMANN 1967c: 6). Auch hier transgrediert die OSM über einer, allerdings noch größeren Schichtlücke. Übrigens zeichnet HOFMANN (1976: 5 Fig. 3) das Auskeilen der Oberen Grenzmagelfluh [Äquivalent des Alpenen Konglomerats] und darunter auch der Oberen Plattensandsteine von St. Gallen/Rorschach nach SW gegen den Überlingersee zu, woraus der Umfang der Schichtlücke auf Blattgebiet Andelfingen zu ermaßen ist. Die SE-Grenze der Graupensandrinne ca. 1 km SE Ossingen erlaubt es, diese Grenze von Klausenhorn am Überlinger See (unsere S. 12) bis hierhin schematisch durchzuziehen, sofern hier tatsächlich die SE-Grenze der Graupensandrinne liegt. Öhningen liegt im Bereich der Erweiterten Graupensandrinne (ZÖBELEIN 1983: 160).

M (4) Fortsetzung der Albsteinschwelle von Südbaden in die Schweiz

Die Fortsetzung der Albsteinschwelle nach SW muß nach HAUS (1952: 28) ursprünglich bis gegen Eglisau gereicht haben. Daß sie noch weiter im SW, am Irschel und darüber hinaus anzunehmen ist, wurde (: 40, 92) erörtert. BÜCHI & HOFMANN nehmen (1960: 12-13) im Gebiet der Lägern [die einige km SE von Baden a. d. Limmat beginnen] eine schwach ausgeprägte Schwellenzone an. Als Fortsetzung nach E könnte eine Schwellenzone bei Flaach-Andelfingen gedeutet werden, die „möglicherweise in die Albsteinschwelle der deutschen Westmolasse überleitet.“ BÜCHI & a. (1965: 105): „Die Lägern/Albstein-Schwelle begann im obersten Helvétien wieder stark wirksam zu werden. Auf deutscher Bodenseeseite kam es zu Emersionen und zur Ablagerung des Albsteinkalkes (Krustenkalkes).“ Die Autoren skizzieren (: 103 Fig. 4) die „Schwellenzone“ „z. Zt. der OMM-Sedimentation“ von der Limmat über Frauenfeld nordostwärts südlich von Dingelsdorf und nördlich von Oberuhldingen (am S- bzw. N-Ufer des Überlinger Sees) vorbei mit Fortsetzung nach NE. In HOFMANN's Skizze (1967a: 193 Abb. 4 = unsere Abb. 7: 32) verläuft „D Südrand der erweiterten Rinne“ einige km NW von Winterthur, Frauenfeld und Überlingen. Nach BÜCHI & SCHLANKE (1977: 66) setzt die Schwellenzone im Gebiet der heutigen Lägern nach Osten in die sogenannte Albsteinschwelle des süddeutschen Raumes fort. Auf die Literatur und die wahrscheinliche Fortsetzung der Schwellenzone in Form des Albsteins verweisen W. H. MÜLLER & a. (1984: 124-125) und NAEF & a. (1985: 23).

Diskussion zu M (4)

HOFMANN's Südrand (D) der Gesamten Graupensandrinne ist zugleich der Nordrand der Albsteinschwelle. Wenn diese die Fortsetzung der Schwellenzone darstellt, ist D zugleich die Nordgrenze der Schwellenzone. Die von BÜCHI & a. gezeichnete Schwellenzone verläuft von den Lägern aus in mäßigem Abstand (abgesehen vom Bodenseegebiet; unsere S. 12) annähernd parallel zu D nach NE. Wahrscheinlich meinen HOFMANN und BÜCHI & a. die gleiche Schwellenzone, für die dann auch die D-Grenze gilt. Bei einer Fortsetzung der Schwellenzone in die Albsteinschwelle ist zu bedenken, daß deren nordwestliches Vorfeld, nämlich das Terrain der späteren Erweiterten Graupensandrinne fluviatil erniedrigt wurde (: 29). Wenn dieser Vorgang, wie anzunehmen ist, auch für das Vorfeld der Schwellenzone zutrifft, ist deren Nordrand wie jener der Albsteinschwelle nicht tektonisch, sondern erosiv entstanden. Als Bildungszeit kommt der oberhelvetisch-untertortone (Oberrottnang-Unterkarpat-) Hiatus in Betracht, der sich auch in der Schweiz zwischen OMM und OSM zeigt (Disk. Kap. L 2 u. zu L 3, L 4).

N. NachtragErgänzungen

1) ZÖBELEIN konnte 1994 nur noch den 50 Separaten seiner Veröffentlichung einen Zettel „Bemerkungen zu den 'Kirchberger Typusschichten'“ beilegen. Darin wurde auf eigenmächtige Änderungen des Manuskriptes durch den neuen Redaktor der „Mitteilungen“ verwiesen.

2) Folgende Ergänzungen des Schriftenverzeichnisses des Autors konnten nicht mehr in die ganze Auflage der „Mitteilungen Nr. 34“ übernommen werden:

GROSCHOPF, P. (1972): Der Stadt- und Landkreis Ulm. Amtliche Beschreibung. Allgemeiner Teil. A. Natürliche Grundlagen. 1. Geologischer Bau. — Staatl. Archivverwaltung Baden-Württ. etc.: 5-37, Abb. 3-6, Tab. 3-6; Stuttgart ?, Ulm ?.

GÜMBEL, C. W. v. (1889): Kurze Erläuterungen zu dem Blatte Nördlingen (No. XVI) der geognostischen Karte des Königreichs Bayern: 43 S.; Cassel (Th. Fischer).

3) Die Korrekturen u. a. ČTYROKÝ und SENES statt „ČTYRORY“ und „SENES“, sind zu ergänzen. S. 89, 13. Zeile: STRAUCH 1971 statt „171“. S. 94, 16. Zeile: 24.5.90 statt „14.5.90“.

Nachträge zu den „Mitteilungen“ 1994:

1) Zu S. 90: Den zusammenfassenden Begriff „Obere Brackwassermolasse“ hat SCHLICKUM bereit 1974 für die Oncophora- und Kirchberger Schichten verwendet.

2) Zu S. 94: Wie WERNER und SCHREINER spricht auch SCHOBER (1989: 90 ff.) von „Brackwassermolasse (BM)“.

3) Zu S. 99: STRAUCH's Überlegung (1971: 583, 585), daß die unterschiedlichen Schichten des Kirchberger und Oncophora-Beckens vielleicht auch auf das Landshuter - Neuöttinger Hoch zurückgehen, ist hinfällig, weil UNGER (1983: 309) auf die offensichtliche Überdeckung des Landshut - Neuöttinger Hochs durch die Oncophora-Schichten verweist.

Schriftenverzeichnis

UNGER, H. J. (1983) siehe Schriftenverzeichnis

O. Zusammenfassung

Hier wird erstmals umfassend über die jungtertiäre Graupensandrinne, ihre Forschungsgeschichte, die Erstreckung, Entstehung, Füllung und ihre Beziehungen zum Umrandung berichtet. Die ermittelten Befunde weichen teils beträchtlich von bisherigen Aussagen ab.

Die verbrackten und schließlich ausgesüßten Schichten des Ottnangmeeres, nämlich die Deckschichten, Heliciden-Schichten und der Albstein zählen zur OMM im weiteren Sinne (s. 1.). Sie sind nach SAIER nur wenige Meter über dem Meeresspiegel entstanden. Der Graupensandfluß floß entlang dem Fränkisch-Schwäbischen Jura nach SW. Er begann entgegen einigen Annahmen nicht im Gebiet um Donauwörth, sondern am Ende der Urnaab in der Gegend von Regensburg-Kelheim. Um Donauwörth mündete der Urmain in den Graupensandfluß (Abb. 1: 7). Infolge fortschreitender, im NE stärkerer Heraushebung des Untergrundes räumte der Graupensandfluß im Oberottnang-Unterkarpat in der so entstandenen Graupensandrinne die gesamte OMM aus und schnitt sich in die USM oder bis in den Weißjura ein. An charakteristischen Bestandteilen der Flußfracht fanden sich u. a. grobe Quarz- und Feldspatsande (sogenannte Graupensande) der Grimmelfinger Schichten mit spezifischen Schwermineralen aus dem ostbayerischen Kristallin, paläozoische Lydite aus dem Frankenwald Nordbayerns und Gesteine und Fossilien des fränkischen Mesozoikums. Die Länge der Graupensandrinne beträgt bis Schaffhausen in Luftlinie 280 km, bis Riedern am Sand im badischen Klettgau (dem südwestlichsten Abbau von Graupensanden) insgesamt 312 km, die Breite der Eigentlichen Graupensandrinne durchschnittlich 10 km und ihre Tiefe maximal um 100 m (Abb. 4: 12). Der Verlauf der Graupensandrinne in Baden-Württemberg läßt sich auf geologischen Karten abgrenzen (Abb. 2: 9).

Die vorliegenden Betrachtungen betreffen vor allem das weitere Bodenseegebiet (Abb. 3: 11). Hier hat sich, beginnend westlich Saulgau, neben der Eigentlichen Graupensandrinne des Graupensandflusses die Erweiterte Graupensandrinne herausgebildet. Beide zusammen werden als Gesamte Graupensandrinne bezeichnet (Abb. 3 und 4). Ein schematischer Querschnitt durch das Gebiet von Meßkirch bis Riedern (Abb. 4) zeigt die Ränder und die Füllung der beiden Rinnenteile mit Angaben über die jeweiligen Breiten und Tiefen sowie die Art und Mächtigkeit der Rinnensedimente. Die Abbildung spiegelt zugleich samt ihren Anmerkungen den Werdegang der Gesamten Graupensandrinne wider. Vor der Absenkung der Eigentlichen Graupensandrinne unter Meeresniveau wurde während der Zeit, als auf deren Rinnenumrandung der oberhelvetisch-untertortone Hiatus (im Oberottnang-Unterkarpat) bestand, der Bereich der späteren Erweiterten Graupensandrinne fluviatil erniedrigt. Beim tektonisch bedingten Abtauchen des Gebietes unter den Meeresspiegel bewirkte die von E kommende Ingression des Brackwassers den Anschluß der Erweiterten an die Eigentliche Graupensandrinne zur Gesamten Graupensandrinne. Daß Meeresströmungen das Gelände der Erweiterten Graupensandrinne planiert hätten, wie postuliert wird, ist angesichts deren Breite (Abb. 4: 5-15 km) und Tiefe (25-50m) auszuschließen. Es ergibt sich aus älteren und neuesten Literaturangaben, daß die Erweiterte Graupensandrinne im Bereich Überlinger See-Untersee breiter als die in Abb. 3 skizzierten Varianten ist. Die Abgrenzung der beiden Rinnenteile im Gebiet um Meßkirch-Pfullendorf wird dargestellt (Abb. 5: 20) und zusammen mit der Rolle des Friedinger Grobsandzuges der OMM erörtert. Es folgt eine Übersicht über die „Muschelsandsteine“ der OMM im weiteren Bodenseegebiet, die von einer Stellungnahme Herrn SCHREINER's darüber und über die Bodmansande begleitet wird. Die mehrfach angenommenen Gezeiten und Wattenbildungen im jungtertiären Molassebecken bestanden meines Erachtens nicht. Die Begriffe und Abgrenzungen der Sedimentationszyklen in der „OMM“ variieren bei den Autoren. Mitunter stellen sie sich als Produkt der unterschiedlichen Genese der Eigentlichen und Erweiterten Graupensandrinne heraus.

Die Literatur über das Gebiet westlich des Bodensees wurde eingehend besprochen und diskutiert, weil hier vor allem die Eigentliche und die Erweiterte Graupensandrinne nebeneinander einhergehen, der Graupensandfluß bei Schaffhausen vermeintlich in ein junghelvetisches Meer einmündete, das mit dem Helvet-Meer der Nordostschweiz in Verbindung stand, weshalb OMM-Schichten beider Gebiete korreliert wurden. Außerdem hatte die Verzahnung der Schüttungen aus NE und SW stratigraphische

und nomenklatorische Fragen aufgeworfen. Zunächst (Kap. H) werden die bisherigen Schichtbegriffe und Schichtkorrelationen besprochen und Änderungsvorschläge unterbreitet. Auf sedimentologische Analysen wird (Kap. I) verwiesen, womit die Autoren die Rinnenfüllung und die Rinnenränder charakterisiert hatten. Seit KIDERLEN (1928; 1931; Kap. J) die Fließrichtung des Graupensandflusses von NE erkannt hatte und ihn bei Schaffhausen in ein junghelvetisches Meer münden ließ, waren alle Autoren seiner Meinung gefolgt. Schon ältere Autoren wie WÜRTEMBERGER (1870) außer MOOS (1925) hatten aus den Funden „mariner“ Zeugen im Gebiet der von MOOS entdeckten Eigentlichen und der HAUS'schen (1951) Erweiterten Graupensandrinne auf Meeresablagerungen geschlossen, soweit sie nicht darüber brackische, teils marin beeinflusste Sedimente ausgeschieden hatten. Als Beweis einer Meeresbedeckung galten Austern, Haifischzähne, Glaukonit und angebohrte Weißjuragerölle. Marine, brackische und limnische Mollusken, die öfter nebeneinander aufgeführt werden, können aber wegen ihrer unterschiedlichen Salzverträglichkeit nicht in einem Biotop gelebt haben. Eingehende Literaturstudien haben erwiesen, daß die „marinen“ Zeugen in der Rinnenfüllung aus der OMM der Rinnen-Umrandung, in der Erweiterten Graupensandrinne auch aus der OMM des Untergrundes eingeschwemmt wurden. Den vielen, maximal bis zu einigen hundert marinen Mollusken-Arten in der OMM der Rinnenränder stehen in der Rinnenfüllung etwa 6 bestimmbare marine Mollusken-Arten (ohne die Austern) gegenüber. In dieser finden sich Austern, Austertrümmer und Haifischzähne wegen ihrer Transportresistenz häufiger als andere Meeresbewohner. Aber selbst bei den Austern überwiegen abgewetzte und zerbrochene Exemplare die unversehrten Stücke. Bestimmbare Austern-Arten sind in den brackischen Kirchberger Schichten häufiger als in den „marinen“ Grimmelfinger Schichten vertreten. Selbst viele Haifischzähne weisen Blessuren auf. Schließlich finden sich neben Austern auch vereinzelt Haifischzähne in der Rinnenfüllung weit (bei Illerkirchberg z. B. 120 km) oberstrom Schaffhausen, welche die Autoren auf zugewanderte Haie oder auf Umlagerungen aus der OMM zurückführen. Mangels eines Molassemeeres in der Graupensandrinne wie auch nach stratigraphischen Gegebenheiten (Kap. L) können OMM-Schichten der Schweiz nur noch mit solchen der Rinnenumrandung korreliert werden. Dabei wird zu beachten sein, daß nach dem mikropaläontologischen Befund WENGER's (1987) die Heidenlöcherschichten in das tiefe Ottnang (tiefes Helvet bei ZÖBELEIN 1985b: Tab. 1 Profile 4 und 4) eingestuft werden sollen. Es ist auszuschließen, daß die Eigentliche Graupensandrinne zwischen Schaffhausen und Riedern a. S. bei 32 km Länge, durchschnittlich 10 km Breite und bis 100 m Tiefe (s. Abb. 4: 12) durch Meeresströmungen gebildet wurde. Diese Dimensionen kommen jeder der Eigentlichen Graupensandrinne oberstrom Schaffhausen, im Gebiet der unbestrittenen Flußerosion, nahe oder gleich. Der Graupensandfluß kann daher nicht um Schaffhausen in ein (faktisch nicht existierendes) schmales und seichtes Meer eingemündet sein, das er zudem aufgefüllt hätte. Auch können die am weitesten im SW abgebauten Grimmelfinger Graupensande bei Riedern nicht durch postulierte „jüngere marine Transgressionen“ 45 km weit von Schaffhausen her transportiert worden sein. Der Verlauf des SE-Randes der Graupensandrinne in der NE-Schweiz und sein Anschluß in Südbaden werden diskutiert (Kap. M). HOFMANN zeichnet (unsere Abb. 7: 32) die Ränder der Graupensandrinne von Schaffhausen 70 km weit bis zu seinem Skizzenrand und den fraglichen Materialtransport von NE bis etwa 35 km über den Neuenburger See nach SW. BÜCHI & HOFMANN sowie NAEF & a. erwähnen Grobsande nach Art der Grimmelfinger Graupensande aus dem Berner Jura, wo auch Reste der tortonen Glimmersandschüttung vorkommen. Aus den obigen Darlegungen ist zu schließen, daß der Graupensandfluß wie die Glimmersandschüttung gegen das Rhonegebiet zu geflossen ist. Der Graupensandfluß war in Anbetracht seiner Ausmaße und Auswirkungen ein großer Strom.

P. Schriftenverzeichnis

- ANDRES, G. (1951): Die Landschaftsentwicklung der südlichen Frankenalb im Gebiet Hofstetten-Gaimersheim-Wettstetten nördlich von Ingolstadt. – Geol. Bavarica, 7: 1-57, 8 Abb., 4 Taf., 1 geol. Karte 1:25 000; München.

- BADER, K. & FISCHER, K. (1987): Das präriesische Relief in den Malmkalken im südöstlichen Riesvorland (Riestrümmergebiet). — Geol. Bl. NO-Bayern, **37**: 123-142, 2 Abb., Taf. 12; Erlangen.
- BARTHELT, D. (1986): Ablagerungsmodell und Faziesentwicklung der subalpinen Unteren Brackwasser-Molasse Oberbayerns. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., **26**: 121-126, 4 Abb., 2 Taf.; München.
- (1989): Faziesanalyse und Untersuchungen der Sedimentationsmechanismen in der Unteren Brackwasser-Molasse Oberbayerns. — Münchner Geowiss. Abh., (A), **17**: 1-118, 14 Abb., 13 Tab., 14 Taf.; München.
- BARTHELT, D. & FEJFAR, O. & PFEIL, F. H. & UNGER, E. (1991): Notizen zu einem Profil der Selachier-Fundstelle Walbertsweiler im Bereich der miozänen Oberen Meeresmolasse Süddeutschlands. — Münchner geowiss. Abh., Reihe A, **19**: 195-208, 3 Abb., 4 Taf.; München.
- BAUMBERGER, E. (1927): Die Fauna der Silvanaschichten im Tafeljura der Kantone Baselland und Solothurn. — Verh. naturf. Ges. Basel, **38**: 147-163, Taf. II; Basel.
- (1934): Die Molasse des Schweizerischen Mittellandes und Juragebietes. — Geol. Führer Schweiz, Fasz. I: 57-75, 1 Tab., Taf. V, VI; Basel (Wepf & Cie.).
- (1934a): Über die Cyrenen der stampischen Molasse am Alpennordrand. — Eclogae geol. Helv., **27**: 390-399, 1 Fig.; Basel.
- BERZ, K. C. (1915): Petrographisch-stratigraphische Studien im oberschwäbischen Molassegebiet. — Jh. Ver. vaterl. Naturk. Württ., **71**: 276-343, Taf. X, XI; Stuttgart.
- BEYER, H. (1974): Zur Frage der Herkunft der Kieselsäure in den Alemoniten – ein Diskussionsbeitrag. — Aufschluß, **25**: 427-433; Heidelberg.
- BOENIGK, W. (1983): Schwermineralanalyse. — 158 S., 77 Abb., 4 Taf., 8 Tab.; Stuttgart (F. Enke).
- BRAUN, E. VON (1954): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Hochrheingebiet zwischen Zurzach und Eglisau. — Eclogae geol. Helv., **46** (1953) (u. Diss.): 143-170, 2 Fig., 8 Tab., Taf. VIII-X; Basel.
- BÜCHI, U. P. (1956): Zur Geologie der Oberen Meeresmolasse von St. Gallen. (Mikropaläontologischer Beitrag von H. D. G. KNIPSCHEER). — Eclogae geol. Helv., **48** (1955): 257-321, 6 Fig., 14 Tab., Taf. XIII; Basel.
- (1960): Zur Stratigraphie der Oberen Süßwassermolasse (OSM) der Ostschweiz. — Eclogae geol. Helv., **52** (1959): 449-460, 1 Fig., 1 Tab.; Basel.
- BÜCHI, U. P. & HOFMANN, F. (1960): Die Sedimentationsverhältnisse zur Zeit der Muschelsandsteine und Grobkalke im Gebiet des Beckennordrandes der Oberen Meeresmolasse zwischen Aarau und Schaffhausen. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., **27**, Nr. 72: 11-22, 1 Fig., 2 Tab.; Riehen/Basel.
- BÜCHI, U. P. & SCHLANKE, S. (1977): Zur Paläogeographie der schweizerischen Molasse. — Erdoel-Erdgas-Z., **93**: 57-69, 8 Abb., 3 Tab.; Hamburg, Wien.
- BÜCHI, U. P. & WIENER, G. & HOFMANN, F. (1965): Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz. — Eclogae geol. Helv., **58**: 87-108, 5 fig., 1 Taf.; Basel.
- BÜRGISSER, H. M. (1981): Zur zeitlichen Einordnung der Oberen Süßwassermolasse in der Nordostschweiz. — Vjschr. naturforsch. Ges. Zürich, **126**: 149-164, 4 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Zürich.

- Code-Committee der Stratigraphischen Kommission der DUGW (1977): Stratigraphische Richtlinien. — Newsl. Stratigr., 6: 131-151; Berlin. Stuttgart.
- DEECKE, W. (1917): Geologie von Baden. II. Teil: 407-782, 61 Abb.; Berlin (Borntraeger).
- DIENEMANN, W. (1955) siehe DIN.
- DIN 4022, Blatt 1 (1955): Schichtenverzeichnis und Benennungen der Boden- und Gesteinsarten — Baugrunduntersuchungen, Verf. W. DIENEMANN; Berlin.
- DOPPLER, G. (1984): Der tertiäre Teil der Wasserbohrung des Bezirkskrankenhauses Günzburg-Reisensburg (Nordschwaben) (mit mikropaläontologischen Bestimmungen von H. RISCH): 28-35, 1 Abb., 2 Beil. — Heimatl. Schr.-R. Landkreis Günzburg, 2, Molasseforschung 84; Günzburg.
- (1989): Zur Stratigraphie der nördlichen Vorlandmolasse in Bayerisch-Schwaben. — Geol. Bavarica, 94: 83-133, 25 Abb., 4 Tab.; München.
- EBERHARDT, J. F. (1979): Zur Geologie der Umgebung der Küssaburg (Klettgau, Hochrhein). — Dipl.-Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart, 99 S., 22 Abb., 11 Tab., 4 Taf., 1 geol. Kt., 1 geol. Profilschnitt; Stuttgart (MS).
- ERB, L. (1931): Geologische Spezialkarte von Baden, Blatt 146 Hilzingen, 172 Hohentwiel. — Erläuterungen zu Bl. Hilzingen: 115 S., 10 Bilder (mit Beiträgen von G. KRAFT und K. SULZBERGER); Freiburg i. Br. [Bl. Hilzingen jetzt Bl. 8218 Gottmadingen, s. SCHREINER 1983.]
- (1934): Geologische Spezialkarte von Baden, Blätter Überlingen (Nr. 148) und Reichenau (Nr. 161). — Erläuterungen: 120 S., 4 Taf., 2 Beil., (mit Beitr. von W. SCHMIDLE); Freiburg i. Br. [Unveränderter Nachdruck als Geol. Kt. 1:25 000 Baden-Württ., Bl. 8220 Überlingen-West und 8320 Konstanz-West; Stuttgart.]
- (1958): Geologische Ergebnisse von drei Bohrungen auf Eisenerz im Hegau. — Mitt. Bad. Landesver. Naturkde., Naturschutz, N. F., 7: 105-111, Abb. 45; Freiburg i. Br.
- (1967): Geologische Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung, Maßstab 1:50 000. — Geol. Landesamt Baden-Württ., Freiburg i. Br.; Stuttgart. [Erläuterungen s. SCHREINER 1970.]
- ERB, L. & HAUS, A. H. & RUTTE, E. (1961, 1962): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000 Blatt 8120 Stockach (1962); Stuttgart. — Erläuterungen: 140 S., 3 Abb., 3 Taf., 6 Beil. (1961).
- ERB, L. & KIDERLEN, H. (1955): Erläuterungen zur Molassekarte 1:300 000, Anteil Baden-Württemberg: 33-41; München. [s. Erläuterungen zur Geol. Übersichtskarte etc. 1955.]
- Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000 (1955). — 106 S., 7 Abb., 3 Profiltaf.; München (Bayer. geol. Landesamt).
- FAVRE, J. & BOURQUIN, PH. & STEHLIN, H. G. (1937): Etudes sur le Tertiaire du Haut-Jura neuchâtelois. — Mém. Soc. paléont. Suisse, 60: 1-46, 7 fig., 4 pl.; Basel.
- FISCHLI, H. (1930): Die Fossilien der Quarzsande von Benken (Kt. Zürich). — Mitt. naturwiss. Ges. Winterthur, 17/18 (1927-1930): 131-167, 6 Taf.; Winterthur.
- FISCHLI, H. & WEGELIN, H. (1910): Marine Molasse im Thurgau. — Mitt. Thurgauischen naturf. Ges., 19: 116-119; Frauenfeld.
- FÜCHTBAUER, H. (1954): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse. — Heidelberger Beitr. Miner. Petrogr., 4: 26-53, 6 Abb.; Heidelberg.
- (1955): Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandmolasse. — Z. Dt. geol. Ges., 105 (1953): 527-530, 1 Abb.; Hannover.

- (1959): Zur Nomenklatur der Sedimentgesteine. — *Erdöl u. Kohle*, **12**: 605-613, 7 Abb., 2 Tab.; Hamburg.
- (1967): Die Sandsteine in der Molasse nördlich der Alpen. — *Geol. Rdsch.*, **56**: 266-300, 12 Abb.; Stuttgart.
- (1988): Sedimente und Sedimentgesteine. *Sediment-Petrologie*, Teil II, 4. Aufl. — XVI + 1141 S., 660 Abb., 113 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- FÜCHTBAUER, H. & MÜLLER, G. (1977): *Sedimente und Sedimentgesteine. Sedimentpetrologie*, Teil II, 3. Aufl. — XVI + 784 S., 341 Abb., 70 Tab.; Stuttgart (Schweizerbart).
- GALL, H. (1971): Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 7328 Wittlingen: 186 S., 17 Abb., 6 Tab. (mit Beitr. von TH. DIEZ & J. POHL); München.
- (1975): Der III. Zyklus der Oberen Meeresmolasse (Helvet) am Südrand der Schwäbisch-Fränkischen Alb. — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **15**: 179-205, 4 Abb.; München.
- GALL, H. & HÜTTNER, R. & MÜLLER, D. (1977): Erläuterungen zur Geologischen Karte des Rieses 1:50 000 (mit Beitr. von R. DEHM & G. GRAUP & J. POHL, Vorwort H. VIDAL). — *Geol. Bavarica*, **76**: 191 S., 34 Abb., 1 geol. Kt.; München.
- GALL, H. & MÜLLER, D. (1977a): Zur Entstehung der Pseudo-Impaktkrater auf der Südlichen Frankenalb. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, **1977**: 358-372, 3 Abb.; Stuttgart.
- (1977b): Alter und Entstehung der Pseudo-Impaktstruktur Pfahldorfer „Becken“ auf der südlichen Frankenalb. — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **17**: 279-290, 3 Abb.; München.
- Geologische Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse 1:300 000 (1954) [„Molassekarte“]. — Erläuterungen (1955): 106 S., 7 Abb., 3 Profiltaf.; München (Bayer. geol. Landesamt).
- GEYER, O. F. & GWINNER, M. P. (1964): *Geologie von Baden-Württemberg*. — 223 S., 73 Abb., 7 Tab., 11 Taf.; Stuttgart (Schweizerbart).
- Die Schwäbische Albsteinschwelle und ihr Vorland (1979). — *Samml. Geol. Führer* **67**, 2. Aufl.: 271 S. 36 Abb., 11 Fossiltaf.; Stuttgart (Borntraeger).
- GÖHRINGER, A. (1915): *Geologische Spezialkarte des Großherzogtums Baden*, Nr. 169 Lienheim. — Erläuterungen: 29 S.; Heidelberg. [Unveränderter Nachdruck als *Geol. Kt. 1:25 000 Baden-Württ., Bl. Klettgau*; Stuttgart 1985.]
- (1925): Einige Richtigstellungen und Ergänzungen zu der Arbeit von Hans Klähn, Rostock: „Über einige säugerführende Vorkommnisse in der Molasse Badens“. — *Cbl. Miner. etc.*, **1925**, Abt. B: 258-262, 1 Abb.; Stuttgart.
- GOLWER, A. (1978): *Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000 Nr. 7821 Veringenstadt*. — Erläuterungen: 151 S., 9 Abb., 8 Taf., 5 Beil. (mit Beiträgen von U. KOERNER, E. VILLINGER, J. WERNER); Stuttgart.
- 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.
- *Schwermineralgesellschaften in Sandschüttungen, erläutert am Beispiel der süddeutschen Molasse*. — *Abh. Bayer. Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., N. F.* **121**: 135 S. 3 Abb., 10 Beil.; München.
- Das obermiozäne Quarzkonglomerat in Ostniederbayern ist kein Astrobleme. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, **1977**: 373-384, 4 Abb.; Stuttgart.

- GROSCHOPF, P. (1972) siehe N. Nachtrag.
- GUTZWILLER, A. & SCHALCH, F. (1883): Geologische Beschreibung des Kantons St. Gallen. — Beitr. geol. Karte Schweiz, 19, I+II; Bern.
- HABICHT, J. K. A. (1987): Internationales Stratigraphisches Lexikon, Band I Europa, Faszikel 7b Schweizerisches Mittelland (Molasse): 528 S. — Schweiz. Geol. Kommission etc., Landeshydrologie und -geologie; Bern (Druck Birkhäuser, Reinach/Basel).
- HAGN, H. (1961): Die Gliederung der Oberen Meeresmolasse nördlich vom Überlinger See (Bodensee) in mikropaläontologischer Sicht. — Jh. geol. Landesamt Baden-Württ., 5: 293-321, 4 Abb., Tab. 19; Freiburg i. Br.
- HAHN, W. (1968/1969): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Bl. 7920 Leibertingen (1969). — Erläuterungen (1968): 106 S., 12 Abb., 8 Taf., 1 Beil. (mit Beitr. von W. KÄSS u. J. WERNER); Stuttgart.
- HAHN, W. bzw. SCHÄDEL, K. & a. (1976): Geologische Karte von Baden-Württ. 1:100 000, C Ebingen. — Erläuterungen (1977) K. SCHÄDEL: 67 S., 5 Abb., 6 Taf., 5 Profile (mit Beitr. von G. SCHNEIDER & G. SCHULZ & F. WACKER; Neubearbeitung und Nachträge von W. OHMERT & A. SCHREINER); Stuttgart.
- HAUS, H. A. (1951): Zur paläogeographischen Entwicklung des Molassetroges im Bodenseegebiet während des Mittleren Miozäns. — Mitt.-Bl. Bad. geol. Landesanst. f. 1950: 48-66, Abb. 8-10; Freiburg i. Br.
- (1952): Das Molassebecken im südwestdeutschen Gebiet. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., 19, Nr. 57: 25-30; Riehen/Basel.
- (1960): Mönchsrot als Ölfeld im Westabschnitt der süddeutschen Vorlandmolasse. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing., 26, Nr. 71: 49-74, 7 Fig.; Riehen/Basel.
- (1961): siehe ERB & a. (1961).
- HECKEL, G. (1983): Geologie zwischen Griessen und Hohentengen, Klettgau. — Dipl.-Arb. Inst. Geol. Paläont. Univ. Stuttgart: 99 S., 15 Abb., 7 Tab., 5 Taf., 1 geol. Kt., 1 Profilschnitt; Stuttgart (MS).
- HEINZELMANN, A. (1947): Geologische Karte Nr. 7722 Zwiefalten. — Unveröffentlichtes Manuskript; Tübingen (Geol.-Paläont. Inst.).
- HEIZMANN, W. (1987): Geologische Karte von Baden-Württ. 1:25 000, Blatt 7822 Riedlingen. — Erläuterungen: 149 S., 28 Abb., 12 Tab., 4 Taf., 1 Beil. (mit Beitr. von E. VILLINGER); Stuttgart.
- HELING, D. (1966): Sedimentologische Untersuchungen an Grimmelfinger Graupensanden. — Contr. Miner. Petrol., 12: 192-201, 8 Abb.; Berlin. Heidelberg. New York.
- HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns (Ob. Süsswassermolasse) und zur Bodenseegeologie. — Ber. st. gall. naturwiss. Ges., 74: 87 S., 4 Abb., 1 geol. Kt., 1 Profiltaf.; St. Gallen.
- (1955a): Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz. — Eclogae geol. Helv., 48: 99-124, 3 Abb., 3 Tab.; Basel.
- (1955b): Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken. — Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., 22, Nr. 62: 5-18, 2 Fig.; Riehen/Basel.

- (1956a): Die vulkanischen Erscheinungen auf schweizerischem Gebiet nördlich des Rheins in der Gegend von Ramsen (Kanton Schaffhausen). — *Eclogae geol. Helv.*, **49**: 85-96, 3 Fig., 3 Tab.; Basel.
 - (1956b): Die Obere Süßwassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau. — *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing.*, **23**, Nr. 64: 23-34, 1 Fig.; Riehen/Basel.
 - (1957): Untersuchungen in der subalpinen und mittelländischen Molasse der Ostschweiz. — *Eclogae geol. Helv.*, **50**: 289-322, 2 Fig., 8 Tab.; Basel.
 - (1959): Materialherkunft, Transport und Sedimentation im schweizerischen Molassebecken. — *Jb. st. gall. naturwiss. Ges.*, **76** (1956-1958): 49-76, 3 Fig.; St. Gallen.
 - (1960a): Vulkanische Tuffhorizonte der Schienerbergeruptionen auf dem thurgauischen Seerücken. — *Eclogae geol. Helv.*, **52** (1959): 461-475, 2 Fig., 1 Tab.; Basel. [Nicht zitiert.]
 - (1960b): Beitrag zur Kenntnis der Glimmersandsedimentation in der oberen Süßwassermolasse der Nord- und Nordostschweiz. — *Eclogae geol. Helv.*, **53**: 1-25, 5 Fig., 11 Tab.; Basel.
 - (1960c) siehe BÜCHI & HOFMANN:
 - (1961): Vulkanische Aschen in den Helicitenmergeln des baslerischen, aargauischen und badi-schen Tafeljuras. — *Eclogae geol. Helv.*, **54**: 133-136, 1 Fig.; Basel.
 - (1965): Die stratigraphische Bedeutung der Bentonite und Tufflagen im Molassebecken. — *Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver.*, N. F. **47**: 79-90, 3 Abb.; Stuttgart. [Nicht zitiert.]
 - (1967a): Über die Tertiärbildungen im Kanton Schaffhausen. — *Mitt. naturforsch. Ges. Schaffhausen*, **28**: 171-210, 7 Abb., 1 geol. Kt. 1:185 185 (Abb. 8); Schaffhausen.
 - (1967b): Neue Funde vulkanischer Tuffe in der Molasse des nördlichen Kantons Schaffhausen und seiner Grenzgebiete — *Eclogae geol. Helv.*, **60**: 577-587, 2 Fig.; Basel.
 - (1967c): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000 Blatt 1052 Andelfingen. — *Erläuterungen*: 29 S., 3 Fig., 1 Phototaf.; Bern.
 - (1969): Neue Befunde über die westliche Fortsetzung des beckenaxialen Glimmersand-Strom-systems des schweizerischen Alpenvorlandes. — *Eclogae geol. Helv.*, **62**: 279-284, 2 Fig., 1 Tab.; Basel.
 - (1976): Überblick über die geologische Entwicklungsgeschichte der Region Schaffhausen seit dem Ende der Jurazeit. — *Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. -Ing.*, **42**, Nr. 102: 1-16, 12 Fig., 1 Tab.; Riehen/Basel.
 - (1987) in HABICHT (1987) [Bezüge auf HOFMANN's Artikel im Text.]
 - (1989): Geologie des Bodenseeraumes. — In: *Vermessung, Photogrammetrie, Kulturtechnik*, **87**, Nr. 1: 4-8, 6 Abb.; Egg (Fa. Fotorator). [Nicht zitiert.]
 - (1990): Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1011/1012 Beggingen -Singen. — *Erläuterungen*: x S., 11 Fig. 9 Tab., 1 Tafelteil.; (MS; in Druckvorbereitung bei Landesgeologie u. -hydrologie, geol. Landesaufnahme; Bern).
- HOFMANN F. & HÜBSCHER, H. (1987): *Geologieführer der Region Schaffhausen*. — 139 S., 21 Abb., 2 Tab.; Schaffhausen (Rotary Club).
- HÜLSEMANN, 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.

HUG, J. (1907): Geologie des nördlichen Teils des Kantons Zürich und der angrenzenden Landschaften. — Beitr. geol. Kt. Schweiz, **45**, N. F. 15: XXII + 127 S., 1 Übers.-Kt. 1:250 000, 1 Spezial-Kt. 1:25 000 Nm. 34 Andelfingen, 35 Rheinfall, 36 Kaiserstuhl; Bern.

Internationales Stratigraphisches Lexikon, Band I, Fasc. 7b s. HABICHT.

JOOSS, C. H. (1923): Die Schneckenfauna der süddeutsch-schweizerischen Helicidenmergel und ihre Bedeutung für die Altersbestimmung der letzteren. — N. Jb. Miner. etc., **49**. Bei.-Bd.: 185-210, Taf. 11; Stuttgart.

KAYSER, E. (1921): Lehrbuch der Geologie, Band I. — 6. Aufl.: 740 S., 549 Abb.; Stuttgart (Enke).

KIDERLEN, H. (1928): Zur Kenntnis der süddeutschen Molasse. — Cbl. Miner. etc., Abt. B, **1928**: 601-607; Stuttgart.

— (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.

— (1938): Das Tertiär (: 81-87). — In: Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte von Südwestdeutschland 1:600 000, 1. Aufl., 143 S., 6 Abb.; Stuttgart (Württ. Statist. Landesamt).

KLÄHN, H. (1923): Die Beziehungen zwischen miocänen Sedimenten und den darin liegenden Landsäugetern. — Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., **12**: 152-158; Stuttgart.

— (1924): Über einige säugerführende Vorkommnisse der Molasse Badens. — N. Jb. Miner. etc., Beil.-Bd. **50**: 335-363; 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.

— (1905): Geologische Geschichte der weiteren Umgebung von Ulm a. D. Paläo-geographische und orogenetische Studie. — Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württ., **61**: 176-203, 1 Abb.; Stuttgart.

KRÜMMEL, O. (1911): Handbuch der Ozeanographie, Band II. — 2. Aufl.: 766 S., 182 Abb., 3 Tab.; Stuttgart (Engelhorn's Nachf.).

LANG, H. D. & RABIEN, A. & STRUVE, W. & WIEGEL, E. (1976): Richtlinien für die Verfasser geowissenschaftlicher Veröffentlichungen. — 36 S.; Stuttgart (Schweizerbart).

LEMCKE, K. (1972): Die Lagerung der jüngsten Molasse im nördlichen Alpenvorland. — Bull. Ver. Schweiz Petrol.-Geol. u. Ing., **39**, Nr. 95: 29-41, 7 Fig.; Riehen/Basel.

— (1973): Zur nachpermischen Geschichte des nördlichen Alpenvorlandes. — Geol. Bavarica, **69**: 5-48, 11 Abb., 2 Beil.; München.

— (1977): Referat Nr. 2045 zu SCHREINER, A. (1976). — Zbl. Geol. Paläont., **1977**, I: 479-480; Stuttgart.

— (1984): Geologische Vorgänge in den Alpen im Spiegel vor allem der deutschen Molasse. — Geol. Rdsch., **73**: 371-397, 14 Abb.; Stuttgart.

— (1985): Flußfracht von Ur-Main und Ur-Naab in der Schweiz und im deutschen Molassebecken. — Bull. Ver. Schweiz Petrol.-Geol. u. -Ing., **51**, Nr. 121: 13-21, 1 Fig.; Riehen/Basel.

— (1988): Geologie von Bayern. I. Das bayerische Alpenvorland vor der Eiszeit, Erdgeschichte-Bau-Bodenschätze. — VII + 175 S., 71 Abb., 1 Tab., 2 Taf.; Stuttgart (Schweizerbart).

- LEMCKE, K. & ENGELHARDT, W. VON & FÜCHTBAUER, 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**: VIII + 109 + A 64 S., 31 Abb., 9 Taf., 72 Tab.; Hannover.
- LERICHE, M. (1927): Les Poissons de la Molasse suisse. — Mém. Soc. paléont. Suisse, **46** (1926-1927), **47** (1927-1928): 1-119, 14 pl., 5 fig.; Basel.
- LEUZE, J. (1922): Die Citharellenkalk in Oberschwaben. — N. Jb. Miner. etc., **46**. Beil.-Bd.: 268-381; Stuttgart.
- MACKENBACH, R. (1984): Jungtertiäre Entwässerungsrichtungen zwischen Passau und Hausruck (O. Österreich). — Sonderveröff. geol. Inst. Univ. Köln, **55**: 179 S., 45 Abb., 5 Tab.; Köln.
- MILLER, K. (1877): Das Molassemeer in der Bodenseegegend. — Schr. Ver. Gesch. Bodensees, **7** (1875-1877): 160-240, Taf. II-IV; Lindau.
- MODELL, H. (1941): Tertiäre Najaden II. — Arch. Moll., **73**: 129-139, Taf. 10; Frankfurt a. M.
- MOESCH, C. (1857): Das Flözgebirge im Kanton Aargau, I. Teil. — N. Denkschr. Schweiz. Ges. Naturwiss., **15** (1856): 15 ff.; Zürich.
- Molassekarte (1954) s. Geol. Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse.
- MOOS, A. (1915): Neue Aufschlüsse in den brackischen Tertiärschichten von Grimmelfingen bei Ulm. — Jh. Ver. vaterl. Naturkde. Württ., **71**: 270-275, 2 Abb.; Stuttgart.
- (1925): Beiträge zur Geologie des Tertiärs im Gebiet zwischen Ulm a. D. und Donauwörth. — Geogn. Jh., **37** (1924): 167-252, 1 Abb. (: 209), 2 Taf., 1 geol. Kt. 1:200 000; München.
- (1926): Zur Bildung von Ablagerungen mit Landsäugetierresten in der süddeutschen Molasse. — Geol. Rdsch., **17**: 8-21; Berlin.
- MÜLLER, W. B. (1980): Zur morphologischen Entwicklung der Fränkischen Albsteinschwelle im Bereich der Laber-Flüsse. — Abh. Karst- u. Höhlenkunde, **A, 18**: 151 S., 48 Abb., 1 Kt.-Beil.; München.
- MÜLLER, W. B. & HUBER, M. & ISLER, A. (1984): Geologische Spezialkarte Nr. 121. Geologische Karte der zentralen Nordschweiz 1:100 000 mit angrenzenden Gebieten von Baden-Württemberg. — Erläuterungen: VII + 234 S., 80 Abb., 5 Tab., 5 Tafelbeil.; Bern (NAGRA u. Schweiz. geol. Kommiss.).
- NAEF, H. & DIEBOLD, P. & SCHLANKE, S. (1985): Sedimentation und Tektonik im Tertiär der Nordschweiz. — NAGRA, Techn. Ber., **84-14**: VII + 145 S., 24 Fig., 4 Tab., 6 Beil., 5 Tab. im Anhang; Zürich u. Baden.
- NÄGELE, E.: (1962): Zur Petrographie und Entstehung des Albsteins. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., **115**: 44-120, 10 Abb., 2 Tab., 8 Diagr., Taf. 1-3; Stuttgart.
- NORDSIECK, H. (1986): Das System der tertiären Helicoidea Mittel- und Westeuropas (Gastropode: Stylomatophora). — *Heldia*, **1**: 109-120, Taf. 15-7, 1 Tab.; München.
- PEYER, B. (1956): Exkursionen in der Umgebung von Zürich. Exkursion Nr. 22, Kohlfirst (Geol. Ges. Zürich): 141-144, Fig. 39-41; Zürich (Gebr. Leemann).
- PFANNENSTIEL, M. (1931): Die Fauna der Kirchberger Schichten von Lohn am Randen. — Sitz-Ber. Heidelberger Akad. Wiss., math.-naturwiss. Kl., **1931**, 1. Abh.: 1-19, Taf. 1; Heidelberg.
- PFEIL, F. H. (1983): Zahnmorphologische Untersuchungen an rezenten und fossilen Haien der Ordnungen Chlamydoselachiformes und Echinorhiniformes. — *Palaeoichthyologia*, **1**: 314 S., 146 Abb.; München.

- PFEIL, F. H. (1991) siehe BARTHELT & a.
- PRINZ, H. (1974): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000 Bl. 7723 Munderkingen (Nachbegehungen mit A. SCHREINER 1971). — Erläuterungen: 107 S., 8 Abb., 4 Taf. von M. P. GWINNER & H. J. MAUS & H. PRINZ & A. SCHREINER & J. WERNER; Stuttgart.
- ROLLIER, L. (1903): Provenance des sédiments de la Molasse et du Calcaire grossier du Randen. — *Eclogae geol. Helv.*, **8**: 414-417; Lausanne.
- RUTSCH, R. F. (1946): Neue Auffassungen über die Entstehung der Molasse-Sedimente. — *Eclogae geol. Helv.*, **38** (1945): 407-411; Basel.
- (1955): Die fazielle Bedeutung der Crassostreen (Ostreidae, Mollusca) im Helvétien der Umgebung von Bern. — *Eclogae geol. Helv.*, **48**: 453-464; Basel.
- RUTTE, E. (1952): Grobsand und Muschelsandstein in der miozänen Meeresmolasse des nordwestlichen Bodenseegebietes. — *N. Jb. Geol. Paläont., Mh.*, **1952**: 295-304; Stuttgart.
- (1955): Der Albstein in der miozänen Molasse Südwestdeutschlands. — *Z. Dt. geol. Ges.*, **105** (1953): 360-383, 3 Abb., Taf. 1; Hannover.
- (1971): Neue Ries-äquivalente Krater mit Brekzien-Ejekta in der Südlichen Frankenalb, Süddeutschland. — *Geoforum*, **7**: 84-92, 11 Abb.; Braunschweig (Vieweg, Pergamon).
- (1972a): Brekzien und neue Astrobleme in der Südlichen Frankenalb. — *Nachr. Dt. geol. Ges.*, **5**: 33-34; Hannover.
- (1972b): Aemonit — der Suevit-äquivalente Impactgesteinstyp der Südlichen Frankenalb. — *Naturwissenschaften*, **59**: 214-216, 1 Abb.; Berlin. Heidelberg. New York (Springer).
- (1974a): Neue Befunde zu Astroblemen und Aemoniten in der Schweifregion des Rieskraters. — *Oberrhein. geol. Abh.*, **23**: 97-126, 14 Abb.; Karlsruhe.
- (1974b): Aemonit — Gestein der Einschlagkrater östlich vom Ries. — *Aufschluß*, **25**: 420-426, 5 Abb.; Heidelberg.
- (1975): Das Silifizierungsphänomen des Impactkraters Saal a. d. Donau. — *Z. Dt. geol. Ges.*, **126**: 183-197, 2 Abb., 2 Tab., 1 Taf.; Hannover.
- (1981): Bayerns Erdgeschichte. Der geologische Führer durch Bayern. — 266 S., über 150 Abb. u. Kt.; München (Ehrenwirth).
- SAIER, W. (1985): Sedimentpetrographische und geomorphologische Untersuchungen zur Morphogenese des Hegaus. Ein Beitrag zur Stratigraphie der tertiären Hegau-Sedimente. — *Karlsruher geogr. H.*, **12**: 183 S., 15 Abb., 5 Photos, 40 sedimentpetrogr. Analysen; Karlsruhe.
- SANDBERGER, F. (1870-1875): Die Land- und Süßwasser-Conchylien der Vorwelt. — 1000 S., 1 Tab., 36 Taf.; Wiesbaden (C. W. Kreidel).
- SCHÄDEL, K. (1977) siehe HAHN & a. (1976/1977).
- SCHALCH, F. (1878): (Briefl. Mitt. über einige Tertiärbildungen im Gebiet des Randen.) — *N. Jb. Miner. etc.*, **1878**: 831-835; Stuttgart.
- (1881): Ueber einige Tertiärbildungen der Umgebung von Schaffhausen. — *N. Jb. Miner. etc.*, **1881**, II. Bd.: 42-76, Taf. IV; Stuttgart.
- (1883): Das Gebiet nördlich vom Rhein (Kanton Schaffhausen, Höhgau und Schienerberg). — *Beitr. geol. Kt. Schweiz*, 1. Serie, **19**. Lieferung, Teil 2: 143 S., 1 Profiltaf.; Bern.

- (1895): Über ein neues Vorkommen von Meeres- und Brackwassermolasse (Kirchberger Schichten) bei Anselmingen unweit Engen im Hegau. — Mitt. Großherzogl. Bad. geol. Landesanst., 3: 191-223, Taf. 6; Heidelberg.
 - (1901): Bemerkungen über die Molasse der badischen Halbinsel und des Überlinger Seegebietes. — Mitt. Großherzogl. Bad. geol. Landesanst., 4: 225-338, 2 Abb., Taf. V (geol. Kt. 1:25 000); Heidelberg.
 - (1914): Das Tertiärgebirge auf dem Reyath, Kanton Schaffhausen. — Mitt. Bad. geol. Landesanst., 7: 703-734, Taf. XVI, XVII; Heidelberg.
 - (1916): Geologische Spezialkarte des Großherzogtums Baden. Blatt Wiechs-Schaffhausen (Nr. 145). — Erläuterungen: 160 S., 1 Prof., 5 Taf.; Heidelberg. [Kein Nachdruck als Geol. Kt. 1:25 000 Baden-Württ. Bl. 8217 Tengen-Wiechs am Randen.]
 - (1921): Erläuterungen zur Geologischen Spezialkarte von Baden Nr. 158 Jestetten-Schaffhausen: 80 S., 1 Abb.; Heidelberg. [Geol. Kt. siehe SCHALCH & GÖHRINGER. Kein Nachdruck zur Geol. Kt. 1:25 000 Baden-Württ., Bl. 8317/8417 Jestetten.]
 - (1922): Geologische Spezialkarte von Baden, Blatt 157 Griessen. — Erläuterungen: 117 S., 3 Taf.; Heidelberg. [Unveränderter Nachdruck als Geol. Kt. 1:25 000 Baden-Württ. Bl. 8316 Klettgau; Stuttgart.]
- SCHALCH, F. & GÖHRINGER, A. (1921): Geologische Spezialkarte von Baden, Nr. 158 Jestetten-Schaffhausen. — Erläuterungen s. SCHALCH 1921. [Kein Nachdruck als Geol. Kt. 1:25 000 Baden-Württ., Bl. 8317/8417 Jestetten.]
- SCHALCH, F. & GUTZWILLER, A. (1904): Zur Altersfrage des Randengrobkalkes und der Austernagelfluh. — Cbl. Miner. etc., 1904: 135-142; Stuttgart.
- SCHEID, W. (1929): Über die Tertiärpflanzen von Baltersweil, Dettighofen und Bühl im Klettgau. — Mitt. Bad. geol. Landesanst., 10: 427-543, 6 Taf.; Freiburg i. Br. (Herder).
- SCHIEMENZ, S. (1960): Fazies und Paläogeographie der Subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. — Beih. geol. Jb., 38: 119 S., 23 Abb., 17 Tab., 6 Taf.; Hannover.
- SCHLICKUM, W. R. (1963): Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse von Ober- und Unterkirchberg. — Arch. Moll., 92: 1-10, Taf. 1; Frankfurt a. M.
- (1964): Die Molluskenfauna der Süßbrackwassermolasse Niederbayerns. — Arch. Moll., 93: 1-70, Taf. 1-5; Frankfurt a. M.
 - (1971): Die beiden miozänen Brackwasserbecken der süddeutschen Molasse und ihre Molluskenfauna. — Senck. leth., 52: 569-581, 3 Taf.; Frankfurt a. M.
- SCHLICKUM, W. R. & STRAUCH, F. (1968): Der Aussüßungs- und Verlandungsprozeß im Bereich der Brackwassermolasse Niederbayerns. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 8: 327-391, 7 Abb., 2 Tab.; München.
- SCHMIDLE, W. (1915): Die Geologie der Mainau. — Schr. Ver. Gesch. Bodensees, 44: 1-13, 3 Abb.; Lindau.
- (1918): Die Stratigraphie der Molasse und der Bau des Überlinger und Unterseebeckens. — Schr. Ver. Gesch. Bodensees, 47: 63-82, 7 Abb.; Lindau.
- SCHMIDT, M. (1937): Geologische Spezialkarte von Württemberg, Blatt Sigmaringen-Mengen, Nr. 154. — Erläuterungen: 135 S., 2 Abb., 8 Bilder; Stuttgart. (Unveränderter Nachdruck als Geol. Kt. 1:25 000 Baden-Württ., Bl. 7921 Sigmaringen.)

- SCHOBER, TH. (1989): Erläuterungen zur Geologischen Karte der Blätter 8316 Klettgau und 8416 Hohentengen am Hochrhein. — Diss. Univ. Stuttgart: 166 S., 24 Abb., 9 Tab., 4 Taf., 2 Beil., 1 geol. Kt.; Stuttgart. (MS; in Druckvorbereitung bei Landesvermessungsamt Stuttgart.)
- SCHREINER, A. (1959): Über ein neues Vorkommen von Brackwassermolasse bei Engen/Hegau. — *Hegau*, 4: 61-65, 2 Abb.; Singen.
- (1961): Graupensandrinne, Juranagelfluh und Deckentuff im Hegau. — *Ber. naturforsch. Ges. Freiburg i. Br.*, 51: 245-260, 2 Abb.; Freiburg i. Br.
- (1965): Die Juranagelfluh im Hegau. — *Jh. geol. L.-Amt Baden-Württ.*, 7: 303-354, Abb. 26-35, Taf. 21-22, Tab. 12-17; Freiburg i. Br.
- (1966a): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Bl. 8118 Engen. — Erläuterungen: 190 S., 9 Abb., 7 Taf., 2 Beil. (mit Beitr. von E. BUCK & A. ECKERLE & F. WACKER); Stuttgart.
- (1966b): 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., Taf. 21, 22; Stuttgart.
- (1970): Erläuterungen zur geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50 000, 1. Aufl.: 286 S., 28 Abb., 11 Taf., 5 Beil.; Stuttgart. [2. Aufl. 1974 gleich paginiert; *Geol. Kt. s. ERB 1967*. 3. Aufl., 1992, Blatt Hegau und westlicher Bodensee.]
- (1973): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Bl. 8219 Singen. — Erläuterungen: 130 S., 12 Abb., 4 Taf., 6 Beil. (Mit Beitr. von OPITZ); Stuttgart.
- (1974) siehe SCHREINER 1970.
- (1976): Hegau und westlicher Bodensee. — *Samml. geol. Führer* 62: 93 S., 22 Abb., 1 Tab.; Berlin-Stuttgart (Borntreger).
- (1978): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Bl. 8119 Eigeltingen. — Erläuterungen: 82 S., 8 Abb., 4 Beil., 2 Taf. (mit Beitr. von W. KÄSS & J. MAUS & W. OHMERT & A. ZEISS); Stuttgart.
- (1979): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Bl. 8019 Neuhausen ob Eck. — Erläuterungen: 86 S., 6 Abb., 6 Tab., 4 Taf., 3 Beil.; Stuttgart.
- (1983): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Bl. 8218 Gottmadingen. — Erläuterungen: 124 S., 8 Abb., 15 Tab., 2 Beil., 4 Taf.; Stuttgart. [s. ERB 1931.]
- Schweizerische Geologische Kommission (1973): Empfehlungen zur Handhabung der stratigraphischen, insbesondere lithostratigraphischen Nomenklatur in der Schweiz. — *Eclogae geol. Helv.*, 66: 479-485; Basel.
- (1975): Mitteilung über einen Katalog stratigraphischer Termini. — *Eclogae geol. Helv.*, 68: 243-245; Basel.
- SPECK, J. (1953): Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee und Versuch einer paläogeographischen Auswertung. — Diss. Univ. Zürich, 175 S., 11 Abb., 7 Tab., 12 Taf.; Zug (Kalt-Zahnder).
- STAUB, R. (1934): Grundzüge und Probleme alpiner Morphologie. — *Denkschr. Schweiz. naturforsch. Ges.*, 69, Abh. 1: VI + 183 S. 8 Taf.; Zürich.
- STEHLIN, H. G. (1914): Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung. — *Verh. naturforsch. Ges. Basel*, 25: 179-202, 2 Abb.; Basel.

- STEININGER, F. F. & RÖGL, 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.
- STIEFEL, J. (1957): Ein Beitrag zur Gliederung der oberen Süßwassermolasse in Niederbayern. — Beih. geol. Jb., 26: 201-259, 24 Abb., 2 Tab.; Hannover.
- STRAUCH, F. (1971): Die paläogeographische Situation der beiden miozänen Brackwasserbecken der süddeutschen Molasse. — Senck. leth., 52: 583-588; Frankfurt a. M.
- STUMM, F. (1964): Das Tertiär des Basler Tafeljura. Mit besonderer Berücksichtigung der miozänen Ablagerungen. — Verh. naturforsch. Ges. Basel, 75: 153-217, 19 Fig., 1 Taf.; Basel.
- TRAUB, F. (1971): Zur Wasserversorgung der Stadt Ingolstadt. — Geol. Bavarica, 66: 356-364, 2 Abb., 1 Taf.; München.
- UNGER, H. J. (1983): Die Forschungsbohrungen Osterhofen GLA 1-5, die Stratigraphie des tieferen Untergrundes und die Lagerung des Ortenburger Schotters. — Verh. geol. Bundesanst., 1982: 285-311, 11 Abb., 2 Tab.; Wien.
- VOLZ, E. (1953): Geologische Untersuchungen in der tertiären Molasse des Saulgauer Gebietes. — N. Jb. Geol. Paläont., Abh., 97: 189-219, 9 Abb.; Stuttgart.
- (1957): Geologische Ergebnisse neuerer Erdölbohrungen in Oberschwaben. — Arb. geol.-paläont. Inst. TH Stuttgart, N. F., 9: 71 S., 2 Abb., 1 Tab., 12 Taf.; Stuttgart.
- (1959): Geologische Ergebnisse einiger Erdölbohrungen im westlichen Molassebecken. — Erdöl u. Kohle, 12: 209-216, 5 Abb., 1 Taf.; Hamburg.
- WEBER, K.-H. (1978): Geologische Karte von Bayern 1:25 000. — Erläuterungen zum Blatt Nr. 7131 Abensberg: 386 S., 45 Abb., 9 Tab., 3 Beil. (mit Beitr. von R. APEL & K. BADER & R. K. F. MEYER & O. WITTMANN); München.
- (1980): Süßbrackwassermolasse am Kelheimer Vorsprung der südöstlichen Frankenalb: (1) Gesteinsfolge und Altersverhältnisse. — Geol. Bl. NO-Bayern, 30: 175-196, 6 Abb.; Erlangen.
- (1981): Süßbrackwassermolasse am Kelheimer Vorsprung der südöstlichen Frankenalb: (2) Lagerungsverhältnisse und paläogeographische Entwicklung. — Geol. Bl. NO-Bayern, 31: 413-420, 7 Abb.; Erlangen.
- WEGELIN, H. (1916): Die Quarzsande von Benken: 11 S., 4 Abb.; Frauenfeld (Huber & Co.).
- WEIDENBACH, F. (1931; 1933): Geologische Karte von Württemberg 1:200 000, Blatt 3 (1931), Blatt 4 (1933) (ohne Erl.); Stuttgart.
- (1950): Übersichtskarte des Iller-Riß-Gebietes 1:100 000 (geologisch), mit Beitr. von H. GRAUL & H. KIDERLEN (ohne Erl.); Stuttgart.
- WENGER, W. F. (1987): Die Basis der Oberen Meeresmolasse im westlichen Oberbayern, am Überlinger See, in Vorarlberg und St. Gallen. — Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol., 27: 159-174, 1 Abb.; München.
- WERNER, J. (1966): Ergebnisse der Auswertung von Flachbohrungen im Bereich der Oberen Meeresmolasse (Gebiet Stockach-Pfullendorf). — Jber. Mitt. oberrhein. geol. Ver., N. F., 48: 105-120, 7 Abb.; Stuttgart.
- (1975): Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Blatt 8020 Meßkirch. — Erläuterungen: 209 S., 16 Abb., 2 Tab., 5 Taf., 8 Beil. (Beitrag von K. H. GÖTTLICH); Stuttgart.
- WÜRTEM[N]BERGER, F. J. & TH. (1862): Verzeichniss von fossilen Pflanzen-Resten aus den Tertiär-Gebilden des Klettgau. — N. Jb. Miner. etc., 1862: 719-722, 1 Abb.; Stuttgart.

- WÜRTENBERGER, F. J. (1870): I. Die Tertiärformation im Klettgau. — *Z. Dt. geol. Ges.*, **22**: 471-581, Taf. XII; Berlin.
- ZÖBELEIN, H. K. (1940): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im niederbayerischen Tertiär (Blatt Pfarrkirchen). — *N. Jb. Miner. etc., Beil.-B.* **84**, Abt. B: 233-302, 6 Abb., 2 Tab., Taf. 15-18; Stuttgart [Dsgl. Diss. Univ. München (1939), MS.]
- (1952): Die Bunte Molasse bei Rottenbuch (Obb.) und ihre Stellung in der Subalpinen Molasse. — *Geol. Bavarica*, **12**: 86 S., 9 Abb., 1 Fossilliste, 1 Lageplan mit Profil; München.
- (1953): Zur Altersdeutung der Cyrenenschichten in der Subalpinen Molasse Oberbayerns. — *Geol. Bavarica*, **17**: 113-134, 2 Abb.; München.
- (1955): Die Makrofossilien des Tertiärs der Bohrung Scherstetten 1 (nebst einigen Bemerkungen zur Fazies, Stratigraphie und Paläogeographie). — *Geol. Bavarica*, **24**: 22-39; München.
- (1977): Anstehende und eiszeitlich verschleppte Obere Süßwasser-Molasse (Ober-Miozän) im Bereich des Riedlinger Beckens (Baden-Württemberg). — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **17**: 291-334, 5 Tab., 1 Profilbeil.; München.
- (1983): Die Vorlandmolasse bei Günzburg a. d. Donau und Heggbach bei Biberach a. d. Riß im Rahmen des süddeutschen Jungtertiärs. — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **23**: 151-187, 1 Tab. im Text, 1 Tab. als Beil.; München.
- (1985a): Helicidenschichten und Albstein in der miozänen Vorland-Molasse Südwestdeutschlands. — *Jh. geol. Landesamt Baden-Württ.*, **27**: 41-92, 1 Abb.; Freiburg i. Br.
- (1985b): Stratigraphie der nördlichen und teils mittleren Vorlandmolasse zwischen Hegau und Isar anhand von 11 Profilen. — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **25**: 209-273, 1 Abb., 2 Tab., 1 Tab. als Beil.; München.
- (1986) S: ZÖBELEIN & FÜCHTBAUER.
- (1991): Urmain, Urnaab, Urdonau und ihre Gebiete, bezogen auf das weitere Ries-Gebiet. (Bestandsaufnahme und Diskussion neuerer Literatur). — *Münchner geowiss. Abh., Reihe A*, **19**: 129-194, 3 Abb., 2 Tab.; München.
- (1994): Die Kirchberger Typusschichten an der Iller (Untermiozän, Vorlandmolasse Württembergs) und ihre stratigraphisch-paläogeographischen Beziehungen. — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **34**: 47-108, 7 Abb., 5 Tab.; München.
- ZÖBELEIN, H. K. & FÜCHTBAUER, H. (1986): Grimmelfinger Schichten (Helvet der Vorlandmolasse) bei Manching und Ingolstadt an der Donau und ihre Beziehungen zur Nachbarschaft. — *Mitt. Bayer. Staatssamml. Paläont. hist. Geol.*, **26**: 137-162, 4 Tab.; München.

Bei der Schriftleitung eingegangen am 31. 1. 1995.

