

Die Obere Süsswasseroase in der Ostschweiz und im Hegau

Autor(en): **Hofmann, Franz**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Bulletin der Vereinigung Schweiz. Petroleum-Geologen und -Ingenieure**

Band (Jahr): **23 (1956-1957)**

Heft 64

PDF erstellt am: **17.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-188504>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Die Obere Süßwassermolasse in der Ostschweiz und im Hegau

Von FRANZ HOFMANN, Schaffhausen

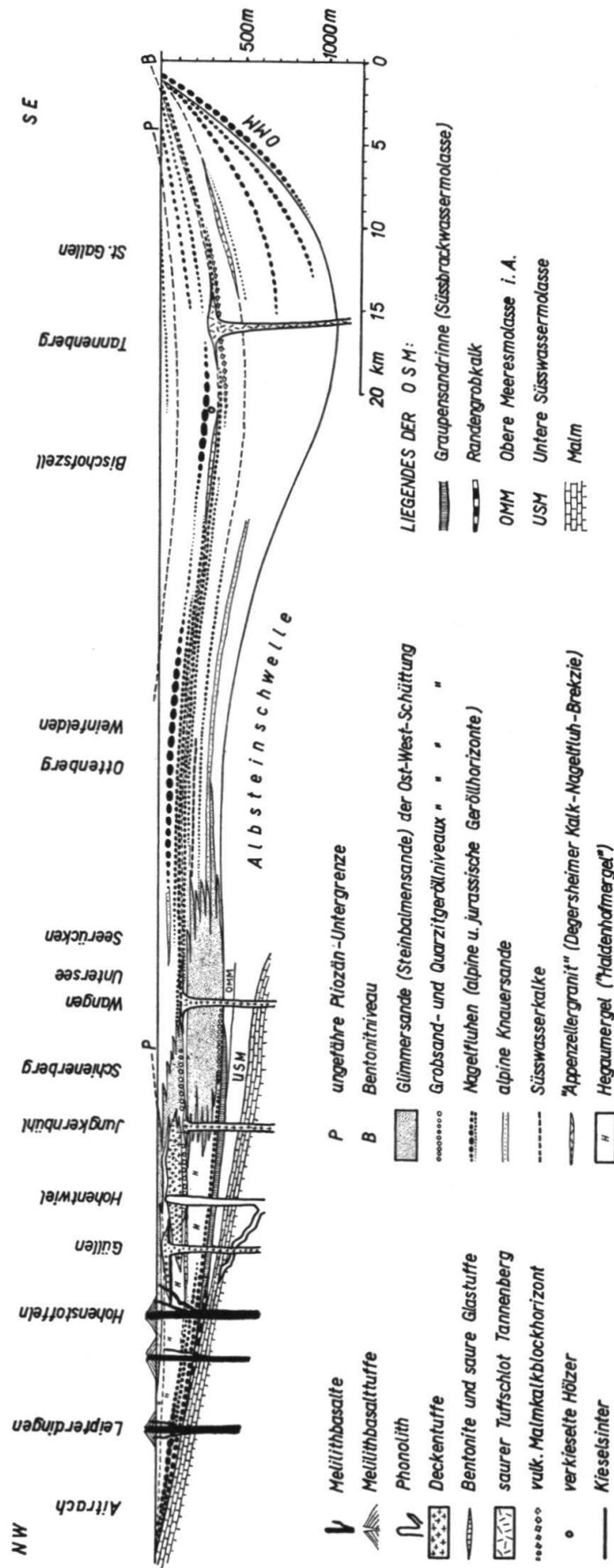
Der heutige Stand der Kenntnis der Obere Süßwassermolasse (OSM) des Bodenseegebietes erlaubt einen genügend umfassenden Überblick über diese Bildungen, um die Zusammenhänge mit dem südlichen Beckengebiet, den Ablauf der Sedimentation und die dabei beteiligten Vorgänge gesamthaft darstellen zu können. Die Unsicherheiten, auf denen frühere Korrelationsversuche (HOFMANN, 1951; HANTKE, 1953) basierten, sind heute weitgehend geklärt. Insbesondere haben dazu die Erkenntnis der Existenz der Glimmersandrinne als Ausdruck der Ost-West-Schüttung, der Nachweis des obermiozänen Vulkanismus in der Ostschweiz und dessen Zusammenhänge mit dem Hegauvulkanismus, und die neuesten Erkenntnisse über Molasse und Vulkanismus im Gebiet nördlich von Bodensee und Hochrhein erheblich beigetragen.

Auf diesen neuesten Ergebnissen der Molasseforschung im Bodenseegebiet beruht das Querprofil durch die OSM von St. Gallen bis ins Donaugebiet (s. Abb. S. 24), das den Zustand zu Ende der Molassezeit theoretisch darstellt. Zur Festlegung der im zentralen Teil des Profils nicht direkt nachweisbaren Untergrenze der OSM haben vor allem die Kenntnisse beigetragen, die sich aus Oberflächenaufschlüssen und Bohrungen E des Bodensees ergeben haben (Profile zur Karte der süddeutschen Molasse, 1955). Entsprechende Rückschlüsse ergeben sich auch aus dem Gebiet S von Schaffhausen (Kohlfirst, Irchel). Stratigraphie und Mächtigkeiten im südlichen Trogggebiet ergaben sich aus früheren detaillierten Aufnahmen (HOFMANN, 1951), jene des thurgauischen Molassegebietes aus den dortigen neuen Untersuchungen (HOFMANN, 1955/56; RUTTE, 1956) und jene des Hegaus aus früheren Arbeiten (ERB, 1931) und neuen Untersuchungen des Verfassers (1956).

I. Die Sedimentationsräume der OSM im Bodenseegebiet

Aus den Untersuchungen des Verfassers (1955/56) hat sich ergeben, daß im Bodenseegebiet zur Zeit der OSM *drei grundsätzlich verschiedene Materialzufuhr- und Sedimentationsgebiete* existierten: im S das direkt alpine Schüttungsgebiet des *Hörnli-fächers*, im N das kleinere jurassisch-schwarzwäldische Schüttungsgebiet der *Juranagelfluh* (Hegaufächer), und zwischen diesen beiden Gebieten die *Glimmersandrinne* der Ost-West-Schüttung mit sehr weit östlich gelegenen, ostalpinem, möglicherweise aber außeralpinem Einzugsgebiet.

Querprofil durch das Becken der Oberen Süßwassermolasse (Hegau-Ostschweiz).
 Theoretischer Stand zu Ende der Molassezeit, ohne Berücksichtigung der nachmolassischen Tektonik.



A. Das Sedimentationsgebiet des Hörnli­fächer

Der alpine Schüttungsraum wird vor allem durch den Hörnli­fächer beherrscht, während sich gegen das Ende der Molassesedimentation eine Verlegung des Urrheins in den Rheintalquerschnitt gegen E bemerkbar machte (HOFMANN, 1951), eine Annahme, die unverändert aufrechterhalten werden kann.

Im Gebiet dieser alpinen Schüttung, das den größten Teil der OSM-Trogfüllung ausmacht und fast das ganze ostschweizerische Mittelland beherrscht, kommen mehrere bedeutende Leithorizonte vor:

Die sichtbare Untergrenze im S des Troges ist die Obere Grenznagelfluh der Oberen Marinen Molasse.

Am Tannen­berg, NW St. Gallen, liegt der «Appenzellergranit» (Degersheimer Kalknagelfluh/breccie, s. BÜCHI & WELTI, 1950) rund 600 m über der Oberen Meeresmolasse. Dieser Leithorizont hat nach den Feststellungen von N. PAVONI (1953) vor allem westlich des Zürich­sees große Bedeutung als Leithorizont.

Im Gebiet unseres Profils wird nur noch das östlichste Ende dieser merkwürdigen Schüttung tangiert. Es ist aber sehr wahrscheinlich, daß der Konglomerathorizont innerhalb der vorvulkanischen Glimmersandstufe am Seerücken bei Mammern (HOFMANN, 1955a) ein Äquivalent dieses starken Geröllschubes darstellt.

Die Glimmersandsedimentation begann nicht erst zur Zeit des «Appenzellergranits», denn die Ost-West-Schüttung reicht an den Anfang der OSM-Sedimentation zurück (siehe weiter unten).

Der wohl wichtigste Leithorizont der OSM der Ostschweiz ist aber das vulkanische Niveau, gekennzeichnet durch den vulkanischen Blockhorizont an der Sitter, die Glastuffe und Bentonite von Bischofszell und die Magnetituffite auf dem Seerücken (HOFMANN, 1951, 1955, 1956). Diese Horizonte und ihr Nachweis in der Glimmersandrinne und im Hegau selbst (HOFMANN, 1956) haben eine genaue Korrelation aller drei Sedimentationsräume der OSM ermöglicht.

Mit dem Vulkanismus setzte auch die Konglomeratstufe ein, gekennzeichnet durch starke Geröllschübe aus dem Hörnli­fächer. Im Profil sind diese gegen NE gerichteten Geröllschübe schief geschnitten. Magnetituffite (HOFMANN, 1955/56) und Bentonit-Niveaux (HOFMANN, 1956) haben die Interpretation ermöglicht, die im Profil dargestellt ist. Die massive Geröllschüttung der Ramschwagnagelfluh (HOFMANN, 1951) entspricht den ebenso mächtigen Nagelfluhmassen am höheren Nollen und Wellenberg und liegt ca. 80 m über dem Bentonitniveau. Im Gebiet der vermutlichen sauren Eruptionsstelle Tannen­berg läßt sich eine offenbar durch die Eruptionsmassen bedingte Verkümmerng der Nagelfluh feststellen (südlicher Tannen­berg und Sittergebiet N St. Gallen), ein Einfluß, der auch die domartige Tannen­bergstruktur bewirkt haben muß (HOFMANN, 1951; Strukturkurvenkarte des Verfassers bei SCHUPPLI, 1952).

Die Ophiolithgerölle führende Nagelfluh (HOFMANN, 1951) muß der direkt unter dem Bentonitniveau liegenden Geröllschüttung im nördlichen Thurgau entsprechen. Im dargestellten Gebiet ist diese Schüttung nicht als typisches Niveau ausgebildet.

Die höchsten Schichten am Tannen­berg (HOFMANN, 1951) können auf Grund der Erkenntnisse, die sich aus dem Hegau und aus Bayern ergeben, mit den übrigen höchsten Molasseschichten (Hörnli, Albis, Gehrenberg) vermutlich ins Pliozän gestellt werden (HOFMANN, 1956).

B. Die Ost-West-Schüttung (Glimmersandrinne)

Die Bedeutung und Entwicklung der Glimmersandrinne ist vom Verfasser an anderer Stelle schon eingehend beschrieben worden (1955, 1956).

Die Basis der zentralen Glimmersandrinne ist mit der Basis der OSM identisch. Eine «Haldenhofmergelstufe» (SEEMANN, 1929; ERB, 1931) existiert nicht. Dies ergibt sich auch aus den Erkenntnissen am Kohlfirst, am Irchel und im nordwestlichen Kanton Zürich, ebenso wie aus jenen westlich des Bodensees. Die Untergrenze der OSM kann damit am Seerücken und Schienerberg nicht sehr weit unter dem Niveau des Untersees liegen.

Eine Glimmersandstufe (Steinbalmensandstufe) im Sinne SEEMANN's (1929) kann nicht aufrechterhalten werden. Die Glimmersande sind als fazieller Begriff, nicht als stratigraphischer Begriff aufzufassen.

Unmittelbar unter dem Bentonit- und Magnetittuffitniveau liegt eine Mergelzone am Seerücken und am Schienerberg (HOFMANN, 1955; RUTTE, 1951, 1956), ein Zeichen für einen Sedimentationsunterbruch der Glimmersande. Die dortigen Mergel sind — am Schienerberg — wohl teilweise Produkte der Glimmersandschüttung, limnische Absätze einer Zeit der Stagnation, im Gegensatz zu den fluvioterrestrischen Mergeln der alpinen Schüttung.

Unmittelbar nach den Magnetittuffit- und Bentoniteruptionen setzte, mehr oder weniger gleichzeitig mit dem Beginn der Konglomeratstufe, eine kurzfristige *Grobsand- und Quarzitgeröllzufuhr* aus E ein (HOFMANN, 1956), ein Pendant zur stärkeren Geröllzufuhr im Hörnlfächer selbst. Diese Geröll- und Grobsandzufuhren stehen sehr gut im Einklang mit den Verhältnissen in Bayern (LEMCKE, v. ENGELHARDT & FÜCHTBAUER, 1953) und dürften ungefähr mit der «A-Grenze» zusammenfallen. Eine Dünnschliffuntersuchung dieser Quarzitgerölle ergab, daß es sich um Gang-Quarze (Silexite) handelt, im Gegensatz zu den völlig unmetamorphen Quarzsandsteinen mit kieseligem Bindemittel, die den Hauptanteil der Gerölle in den Konglomerathorizonten der Graupensandrinne (Süßbrackwassermolasse) ausmachen (HOFMANN, 1955b).

Gegen das Ende der Molasse-Sedimentation wich die Glimmersandrinne immer stärker nach N zurück. Sie wurde am Hohenstoffeln (ERB, 1931) direkt von den Melilith-Basalt-Tuffen überlagert, womit die Molassesedimentation überhaupt zu Ende war. Auch diese höchsten Glimmersande müssen ins Pliozän gestellt werden. Eine Untersuchung dieser jüngsten Glimmersande ergab folgende Charakteristiken:

Schlammstoffgehalt	7.8 ‰
Mittlere Korngröße	0.20 mm
Verteilungskoeffizient	1.63
Karbonatgehalt	0.00 ‰

Schwererminerale:	‰
Granat	38
Epidot	25
Staurolith	15
Disthen	4
Apatit	4
Turmalin	1
Hornblende	5
Rutil	+
Zirkon	1
Augit	1
Erz	6

Es handelt sich um einen typischen Glimmersand mit einem erhöhten Staurolithgehalt, der sich — wie auch der an anderer Stelle beschriebene Glimmersand über dem Grobsandniveau am Herrentisch (HOFMANN, 1956a) — mit den Erkenntnissen aus Bayern (LEMCKE, v. ENGELHARDT & FÜCHTBAUER, 1953) durchaus deckt: verstärkter Einfluß einer alpinen Granat-Staurolith-Apatit-Schüttung, höherer Epidotgehalt.

C. Das Gebiet der Juranagelfluhschüttung im Hegau

Die Hegausenke ist gekennzeichnet durch ausgeprägte Juranagelfluhschüttungen mit Transportrichtung nach SE. Die Größe der Gerölle im zentralen Teil dieses Hegaufächers deutet auf ein Einzugsgebiet im heutigen Quellgebiet der Donau. Die tiefsten Juranagelfluhschüttungen reichen sicher erheblich in die Obere Marine Molasse zurück. Juragerölle treten jedenfalls in den Grobkalken des Hegau auf (Thengen). Unmittelbar mit dem Beginn der OSM setzt die Jurageröllschüttung sehr massiv ein und klingt langsam ab. Über dem Bentonitniveau (A-Grenze) finden sich keine eigentlichen Juranagelfluhen mehr, vielmehr scheint es, als wären damals nur noch Mergel abgelagert worden.

Die Schüttung jurassischer Gerölle muß an der Basis der OSM sehr weit nach S gereicht haben (Juragerölle im Schlottuff des Jungkernbühl bei Rielasingen), wich aber rasch zurück. Im unmittelbaren Vorfeld der Gerölle findet sich meist eine wenig mächtige Zone von Kalksandsteinen mit Körnchen aus Jurakalken und sehr wenig Quarz (HOFMANN, 1955b). Diese Sande führen eine typische Zirkon-Rutil-Schwermineralkombination. Es scheint, daß diese Kalksande keinen langen Transportweg aushielten und gegen S sehr rasch ausgemerzt wurden.

Das feinste Schlammprodukt der Juranagelfluhfächer sind braune Mergel, die von ERB (1931) als «Haldenhofmergel» bezeichnet wurden. Die Untersuchungen des Verfassers (1956) im Hegau haben aber gezeigt, daß diese Mergel, besonders typisch am Hohenstoffeln entwickelt, *nicht unter*, sondern *neben* der Glimmersandrinne liegen, wie dies im Profil dargestellt ist. Ein Beweis für diese Interpretation liegt im Bentonit vom Heilsberg im Hegau und im Nachweis von vulkanischen Deckentuffen im untern Teil der «Haldenhofmergel» am Hohenstoffeln. Diese Tatsachen machen die bis anhin angenommene Hegau-Nordsüd-Verwerfung mit großer Sprunghöhe überflüssig¹⁾. Auch die übrigen neuen vulkanologischen Erkenntnisse im Hegau zeigen, daß diese Mergel im Hegau keine «Haldenhofmergel» im Sinne SEEMANN's (1929) sind. Die bereits an anderer Stelle (1956a) vom Verfasser erwähnten sediment-petrographischen Untersuchungen haben gezeigt, daß die braunen Hohenstoffeln-Mergel *Abkömmlinge des Juranagelfluhschutt-fächers* sind. Der Schlammrückstand dieser Mergel ergibt stets folgende Zusammensetzung:

- a) Vorherrschend Kalkkörner, identisch mit jenen der sandigen Fazies der Juranagelfluh-Schüttung.
- b) Sehr wenig Quarzkörnchen, dagegen sehr häufig kleine Bohnerzkügelchen.
- c) Viele Trümmer von Bryozoen- und Schwammkolonien eindeutig jurassischen Ursprungs.

¹⁾ Unabhängig vom Verfasser ist auch Hr. Dr. H. A. Haus, Überlingen, zur gleichen Ansicht gekommen (vorgetragen vor dem Oberrhein. Geol. Ver., 4. 4. 56, Donaueschingen).

Damit stellen sich diese Mergel in völligen Gegensatz zu jenen der alpinen Hörnli-schüttung, die als Schlämmstoffrückstand fast nur Quarzkörnchen und Glimmer ergeben.

Der Verfasser möchte an dieser Stelle den irreführenden Ausdruck «Haldenhofmergel» eliminieren und dafür den Begriff «*Hegaumergel*» vorschlagen.

Leithorizonte im Juranagelfluhgebiet sind vor allem das Bentonitniveau (HOFMANN, 1956b), die Deckentuffe und die Basaltintrusionen (siehe unter II), die die Obergrenze der Molasse dokumentieren.

Als wichtige Fossilfundestelle liegt in diesem Gebiet die *Höwenegg* mit ihrer Pliozänfauna (TOBIEN, 1951). Auch ohne diese Fauna müßten diese höchsten Molasse-schichten unmittelbar unter den Melilithbasalttöffen als jüngste Molasseablagerungen fast zwingenderweise ins Pliozän gestellt werden.

II. Der Vulkanismus in der OSM

Die Magnetituffite am Herrentisch und am Seerücken und der Nachweis des Bentonitniveaus bis in den Hegau (HOFMANN, 1956b) haben zusammen mit der neuen Auffassung über die Stellung der Basalteruptionen ein detailliertes und neuartiges Bild des Hegauvulkanismus ergeben. Es ist im Profil erstmals eingehend in seiner altersmäßigen Differenzierung beschrieben. Die vulkanischen Erscheinungen der OSM sind nachstehend in chronologischer Reihenfolge von den ältesten zu den jüngsten Vorgängen beschrieben und begründet.

A. Saurer Beckenvulkanismus

Der saure Glastuffvulkanismus mit Fernwirkungen in Form von Bentonithorizonten im Hegau, am Heiligenberg und in der OSM der Kantone Zürich und Aargau ist vom Verfasser (1956b) bereits eingehend dargestellt worden. Das *Eruptionszentrum* dieser Bildungen muß unter dem *Tannenbergr* NW St. Gallen liegen, wobei der Blockhorizont im Sittergebiet N St. Gallen etwas weniger tiefer anzunehmen ist.

Im Hegau kann das Bentonitniveau durch sein Auftreten am Heilsberg an die Basis des Hegauvulkanismus gesetzt werden (siehe auch ERB, 1931). Es dürfte ungefähr gleichaltrig mit den Magnetituffiteruptionen sein.

Die Verkieselungserscheinungen im Burdigalien von St. Gallen (BÜCHI & HOFMANN, 1945) sind als Vorläufer dieses, der subalpinen Molasse vorgelagerten Vulkanismus aufzufassen.

B. Hegau-Deckentufferuptionen, I. Phase (*vorphonolithisch*)

Die Eruptionen des Jungkernbühl mit Magnetituffit-Ausstrahlungen über den Herrentisch zum Seerücken müssen als älteste Hegaueruptionen klassiert werden, vermutlich zusammen mit jener von Wangen am Schienerberg (RUTTE, 1951, 1956). Die *Magnetituffite* liegen am Schienerberg *unter* dem Grobsandniveau der Glimmersandrinne, während die mächtigen *Hegaudeckentuffe* (Roseneegg, Hohentwiel) direkt *über* den Grobsanden (Twiefeld, W Hohentwiel) liegen (HOFMANN, 1956a). Diese Hegau-Deckentuffmassen sind ursprünglich wohl über 100 m mächtig anzunehmen und entsprechen der stärksten Eruptionsphase im Hegau. Sie haben weitaus am meisten Auswurfmaterial geliefert.

C. Kieselsinter

In der Gegend von Weiterdingen-Hilzingen (zwischen Hohenstoffeln und Hohentwiel) finden sich verbreitet Kieselabsätze, die jünger als die massigen Hegau-Deckentuffe der I. Phase sind (ERB, 1931). Im gleichen Niveau liegen etwa die Verkieselungen, die vom Verfasser (1951) aus dem Gebiet der ostschweizerischen OSM beschrieben wurden.

D. Phonolith-Intrusionen

Die Hegauphonolithe sind etwas jünger als die I. Phase der Deckentuffe, aber älter als die nachstehend beschriebene II. Phase.

E. Hegau-Deckentufferuptionen, II. Phase (nachphonolithisch)

Im Gebiet von Güllen N Hilzingen (2,5 km WNW des Hohentwiel) findet sich eine — leider als Ablagerungsplatz benutzte — Tuffgrube, in der schon seit langem (RECK, 1923; ERB, 1931) *Phonolithauswürflinge* in den dortigen magnetitreichen Tuffen gefunden wurden und die vom Verfasser bestätigt werden konnten. Der Verfasser hat zudem in den gleichen Tuffen auch *Auswürflinge von Kieselsinter* gefunden, die absolut den Kieselgesteinen von Weiterdingen entsprechen. Diese Grube beweist, daß *nach* Absatz der Kieselgesteine und nach den Phonolithintrusionen weitere, magnetreichere Tuffe gefördert wurden. Eine genaue vergleichende Bearbeitung der Hegautuffe dürfte dazu weitere Details liefern. Eine Eruptionsstelle muß in der Gegend von Güllen selbst liegen. Die höheren Tuffe am Hohenstoffeln (ERB, 1931) und am Hohentwiel könnten teilweise dieser zweiten Phase angehören.

F. Melilith-Basalt-Vulkanismus

Wie vom Verfasser bereits an anderer Stelle erwähnt, *müssen alle Melilith-Basalt-Intrusionen des Hegaus ans Ende der Molassezeit und damit wohl ins Pliozän gestellt werden.*

Die Gründe für diese Einordnung seien nachstehend nochmals dargestellt:

1. *Sämtliche Hegaubasalte sind Melilith-Basalte von identischem petrographischem Charakter (GRUBENMANN, 1886; HOFMANN, 1956). Sie können deshalb schon aus diesem Grunde nicht verschiedenartig sein.*
2. *Die Basaltintrusionen haben sämtliche über dem Bentonitniveau liegenden Molasseschichten des Hegaus durchstoßen und sind damit wesentlich jünger als alle übrigen tiefer liegenden vulkanischen Bildungen des Hegaus.*
3. *Am Höwenegg liegen die Lapillituffe, die den Basaltintrusionen vorgängig ausgeworfen wurden, über den höchsten Molasseschichten, die eine pontische Fauna geliefert haben.*
4. *Am Hohenstoffeln liegt das Niveau des Basaltvulkanismus über dem jüngsten und nördlichsten Glimmersandhorizont.*

Somit stellt der Hegau-Basaltvulkanismus vom Karolihof bis zum Wartenberg an der Donau wohl eine Wirkung der pliozänen Schlußfaltungsphase der Alpen dar. Er ist jedenfalls nachmolassisch.

III. Zusammenfassende Betrachtung des Sedimentationsablaufs der OSM

A. Tektonische Einflüsse auf die Sedimentation der OSM

Die Sedimentation der OSM wurde durch verschiedene tektonische Einflüsse gesteuert, die nachstehend dargestellt sind.

1. Der Einfluß der Randenerwerfung

An der Randenerwerfung, westlich der Straße Thayngen—Bibern (Kanton Schaffhausen), N des Kerzenstübli liegt die Mergelgrube Almenbühl, deren Material bis anhin als *Aquitani* (Untere Süßwassermolasse) betrachtet wurde (ERB, 1931). Die sedimentpetrographische Untersuchung dieser Mergel hat aber gezeigt, daß es sich auch bei diesen Mergeln um *Hegaumergel* der *Juranagelfluhschüttung* und damit um OSM handelt. Der Schlämmrückstand enthält die gleichen Kalkkörnchen, Bohnerzkügelchen und jurassischen Fossilreste, die in den übrigen Mergeln der *Juranagelfluh*, z. B. am Hohenstoffeln, bei Opfertshofen (SH), in der Grube Neuhaus (E Buchberg-Thayngen/SH), am Heilsberg und weiter nördlich enthalten sind. In der Grube Neuhaus enthalten diese Mergel übrigens sehr schön kristallisierte *Gipsaggregate* und *Einzelkristalle*, die auf eine *Solfatarentätigkeit* zurückgeführt werden könnten.

Auf dem Hochplateau des Reyath und des Randens fehlt jegliche Spur solcher Mergel, und auch die *Juranagelfluh* in Geröllfazies ist nur rudimentär entwickelt. Es kann sich hier unmöglich um reine nachträgliche Erosion handeln. Vielmehr scheint es, daß die mächtige *Juranagelfluhentwicklung* im Hegaugraben nur dadurch zustande kam, daß dieses Gebiet im wesentlichen zu Ende der Süßbrackwassermolasse, also zu Beginn der OSM, abgesenkt wurde.

Die Randenerwerfung setzt sich also nicht direkt in die Schienerberg-Verwerfung fort, sondern nur scheinbar, da es sich um zwei verschiedenartige, ineinander verlaufende Bruchzonen handelt. Die Randenerwerfung selbst scheint ungefähr parallel der vom Verfasser (1955) vermuteten *Hörnlichswelle* nach SE zu verlaufen. Das Gebiet westlich dieser Linie stellt also eine *nachweisbare Schwellenzone* dar, die vielleicht schon früher wirksam war. Interessant ist z. B. das Fehlen jeglicher Anzeichen von Randengrobkalken auf dem Randens selbst; diese Bildungen kommen nur östlich der Randenerwerfung vor.

Die Karbonatfreiheit der Feinsande der Süßbrackwassermolasse von Lohn auf dem Reyath (HOFMANN, 1955b) deutet ebenfalls auf fehlende Überlagerung während der OSM und Entkalkung durch lange Exposition. Die durch die OSM überdeckten Feinsande (Kohlfirst, NW Bodenseegebiet) sind durchwegs kalkhaltig (im Mittel wenigstens 10 %).

Das Alter der Randenerwerfung kann damit ziemlich sicher gedeutet werden.

Ohne Zweifel hat die durch die Randenerwerfung erzeugte *Barriere* zu Beginn der OSM eine Art Stauwirkung auf die Glimmersandrinne ausgeübt, und es kann kein Zweifel sein, daß diese im Bodenseegebiet zeitweilig seeartigen Charakter haben mußte, wenn auch mit steter Materialzufuhr und Strömung. Auf eine solche Stauwirkung deutet auch die starke Breitenausdehnung der Glimmersande kurz nach Beginn der OSM. Andererseits muß die *Juranagelfluhschüttung* im untern Teil der OSM nicht zuletzt durch die oben angeführte Hegaubsenkung längs der Randenerwerfung aktiviert worden sein; dies beweisen die massiven Geröllschüttungen weit nach S sehr deutlich.

Die Hegausenke wirkte sich auch später dadurch aus, daß offenbar nur in diesem

Gebiet auch nördlich der Glimmersandrinne noch die jüngsten Molassebildungen pliozänen Alters sich entwickeln konnten.

2. Der Einfluß der Albsteinschwelle

Ohne Zweifel war die Albsteinschwelle auch zur Zeit der OSM noch aktiv. Interessant ist die Tatsache, daß die Glimmersandrinne zu Beginn der OSM gegenüber der Graupensandrinne plötzlich sehr stark nach S verschoben wurde. Auch dies hängt unzweifelhaft wiederum mit der Hegauabsenkung zusammen. Gleichzeitig stieß die Juranagelfluhschüttung bis in den Unterseeraum vor (Jungkernbühl).

Es scheint, daß die vom Verfasser (1956b) aus den Graupen- und Feinsanden der Süßbrackwassermolasse der Gegend von Schaffhausen beschriebenen *Quarzitgeröllhorizonte* auch noch in die basalen Schichten der OSM hinaufreichen. In der Sandgrube Schlatt am NW Kohlfirst (Koord. 693400/281500) findet man zwei Geröllhorizonte einige Meter *über* den wenig mächtigen Feinsanden. Diese Geröllhorizonte sind durchaus identisch mit jenen in den Feinsanden selbst und in den Graupensanden, wie man sie bei Benken und Wildensbuch (zusammen mit Albsteinknollen) findet. In der Grube Schlatt liegen diese Konglomerathorizonte in Sanden, die granulometrisch und auf Grund des Kalkgehaltes bereits als richtige *Glimmersande* anzusprechen sind. Der Epidotgehalt ist etwa gleich groß, wie der Granatgehalt und damit etwas höher als jener der höheren Glimmersande am Seerücken (HOFMANN, 1955b).

Die merkwürdige Tatsache, daß völlig identische, quarzitreiche Geröllhorizonte in den Graupensanden, den Feinsanden und sogar noch in den basalen Glimmersanden der OSM — ohne Rücksicht auf drei offensichtlich völlig verschiedene Schüttungen mit verschiedenem Einzugsgebiet, auftreten, kann sehr leicht erklärt werden. Herkunftsgemäß gehören diese Quarzitgerölle wohl zur Graupensandschüttung und entstammten deren Einzugsgebiete. Sie wurden aber weniger rasch transportiert als die Sande und wurden später von den Feinsanden (aus dem Oncophorameer) überholt und mitgeschleppt. Die letzten Quarzitgerölle kamen also mit Verspätung an und wurden zuletzt sogar noch von der Glimmersandschüttung übernommen. Da das ursprüngliche Einzugsgebiet (böhmische Masse) schon zur Zeit der Feinsande keinen Nachschub mehr lieferte, ist es leicht erklärlich, daß die Gerölle nach E abnehmen müssen. Die Gerölle (Gangquarze) der Glimmersandschüttung zur Zeit der Konglomeratstufe hatten aber wieder ein völlig anderes, offenbar kristallines Einzugsgebiet, während die unmetamorphen kieseligen Quarzsandsteine der Graupensande, Feinsande und basalen Glimmersande rein sedimentärer Herkunft sind. Derartige Transportphänomene verdienen vermehrte Aufmerksamkeit.

Die mit den Quarzitgeröllen auftretenden alpinen Gerölle stammen sehr wahrscheinlich aus aufgearbeiteten tiefern Horizonten (Baltringer Niveau) und nicht aus direkter alpiner Schüttung.

Offenbar durch Reaktivierung der Albsteinschwelle wird die Glimmersandrinne im Untersee-Hegau-Gebiet schon vorvulkanisch, wenn auch nur langsam, gegen N abgedrängt (Seerücken, HOFMANN, 1955a). Unmittelbar vorvulkanisch läßt sich am Seerücken aber nochmals ein sprunghaftes Übergreifen nach S feststellen. Man findet solche eigentliche *Glimmersandtransgressionen* auch im Kanton Zürich (z. B. Schneitberg N Elgg, Winterthur, Uitikon/Zürich). Es ist wahrscheinlich, daß auch die vom Verfasser 1951 beschriebenen reinen Quarzsandsteine mit Granat-Erz-Anreicherungen in der OSM von St. Gallen (Mergelgrube Bruggwald) einem solchen Transgressionsvorgang in die damals vielleicht schon stärker ausgeprägte Bodenseesenke entstammen.

Ganz ohne Zweifel sind aber auch die von N. PAVONI (1956) erwähnten Glimmersandniveaux in der Zürichsee-Molasse (limnisches Niveau) Produkte solcher Überflutungserscheinungen aus der Glimmersandrinne von N nach S. Derartige Überschwemmungsvorgänge waren ja beidseits des Hörnlischuttfächers in den seitlichen ruhigen Sentimentationsgebieten durchaus zu erwarten.

Mit dem Beginn des Vulkanismus wich die Glimmersandrinne im Hegau rasch und weit nach N zurück und verschwand vermutlich für kurze Zeit sogar vollständig. Mit den ersten Eruptionen setzte sie aber mit einer kurzfristigen Vergrößerung²⁾ wieder ein, um dann in eher feinerer Ausbildung des zugeführten Sandes bis zum Ende der Molassezeit immer weiter nach N zurückzuweichen. Vor dem Beginn der Basaltintrusionen lag sie auf der Breite des Hohenstoffeln. Damit endete die Materialzufuhr aus dem Osten, die wohl schon im untern Helvétien begonnen hatte: Grobsande in den Grobkalken von Thengen etc. (Baltringerhorizont), die sich nicht von den Grobsanden der Graupensandrinne oder der OSM des Schienerberges unterscheiden lassen, deuten darauf hin.

Dem Zurückweichen der Glimmersandrinne nach N im Untersee-Hegau-Gebiet entspricht interessanterweise ein umgekehrter Vorgang westlich der Randenverwerfung: am Irchel und S davon erkennt man deutlich eine plötzliche Verbreiterung der Glimmersandrinne von N nach S ungefähr zu Beginn des Vulkanismus, der dort allerdings noch nicht genau datierbar ist. Diese Erscheinung hängt offenbar mit einer Reaktivierung der Randen-Hörnli-Schwelle zusammen (Hebung der Randenscholle). Die damit verbundene Umlenkung der Glimmersandrinne dürfte aber auch in ursächlichem Zusammenhang mit einer Aktivierung jurassischer Bewegungen (Lägernlinie, Albsteinschwelle; HOFMANN, 1955) stehen. Gleichzeitig wurde auch die Jura-nagelfluh-Geröllschüttung weitgehend abgestoppt, während die Hörnlischüttung sich entsprechend verstärkte und ihrerseits zur N-Abdrängung der Glimmersandrinne im Hegaugebiet beitrug.

3. Die Verhältnisse am Südrand des OSM-Beckens

Ohne Zweifel deutet der saure Beckenvulkanismus bei St. Gallen auf eine sehr wirksame Störungszone unter dem Tannenbergrain. Es ist anzunehmen, daß dort in der Tiefe eine Scherfläche parallel zum Streichen der subalpinen Molasse vorhanden ist, die ins Grundgebirge hinunterreichen muß und mit der die dortigen Eruptionen zusammenhängen dürften. Eine Überschneidung mit alpinen Querstörungen parallel zum Bodenseegraben (Hörnlichschwelle) dürfte mitgespielt haben.

Der Südrand des OSM-Beckens kann nicht weit südlich St. Gallen gelegen haben, und die Verhältnisse deuten darauf hin, daß die Auffaltung der subalpinen Molasse mehr oder weniger mit der Sedimentation der OSM parallel ging und zur Zeit des Basaltvulkanismus zu Ende der Molassezeit schon weitgehend abgeschlossen war. Gleichzeitig war auch die Verlagerung des Urrheins in den Rheintalquerschnitt und die Entwicklung eines Linth-Thur-Systems vollendet.

B. Tektonische Rückschlüsse aus dem Querprofil der OSM

Wenn man die Obere Marine Molasse und die Untere Süßwassermolasse auf Grund der aus dem Bodenseegebiet, aus Bohrungen jenseits des Bodensees und aus

²⁾ Auch bei diesen Grobsand-Quarzitgeröll-Horizonten (Schienerberg) kann mit transportbedingten Verzögerungen gegenüber den Verhältnissen im E (Erolzheimersande) und leichten stratigraphischen Verschiebungen gerechnet werden.

der st. gallisch-appenzellischen Molasse bekannten Mächtigkeiten unter das OSM-Profil interpoliert, ergibt sich auch bei vorsichtigstem Vorgehen ein sehr starkes Abfallen der Malmobergrenze vom nördlichen Troggebiet nach S etwa im Gebiet S der Albsteinschwelle. Diese Tatsache bedingt eine Störungslinie im Vorfeld der subalpinen Molasse, und die Tektonik dürfte in jener Zone in der Tiefe sehr kompliziert sein. Diese Störungslinie muß mit dem Beckenvulkanismus am Tannenberg und mit der «Wurzelzone» der jurassischen Aufschiebung Kettenjura/Tafeljura zusammenhängen. Auch für den sauren Beckenvulkanismus in Bayern (Augsburg, Landshut) müssen ähnliche Verhältnisse vorliegen. Die vom Verfasser 1955 propagierte E-Fortsetzung der Juraaufschiebung und deren Zusammenhang mit der Albsteinschwelle erscheint nach wie vor als berechnete Annahme.

Im großen und ganzen gesehen ergibt sich für die mittelländische Molasse ein stetes Ansteigen von der subalpinen Zone nach N, worauf auch die Häufung und fast Ausschließlichkeit der *Ölindikationen* in der subjurassischen Molasse zurückzuführen sind. Die aus dem mittelländischen Molassebecken bekannten Oberflächenstrukturen dürften sich kaum bis in die Tiefe fortsetzen (ausgenommen große Bruchzonen) und sagen jedenfalls über die Verhältnisse in der Tiefe recht wenig aus. Die Tannenberg-Antiklinale wurde bereits mit der vulkanischen Eruptionszone des Bentonitvulkanismus in Zusammenhang gebracht und kann nur rein oberflächliche Bedeutung haben. Es muß sich um eine Setzungsstruktur handeln.

Die erkannte intramolassische Hegauabsenkung (Randenerwerfung) parallel zur Hörnlichswelle stützt die vom Verfasser bereits früher vertretene Annahme, daß westlich dieser Linie geringere Molassemächtigkeiten zu erwarten sind als im zentralen Bodenseegebiet.

C. Revision der bisherigen OSM-Einteilung

Aus dem Profil der vorliegenden Arbeit ergibt sich deutlich, daß sich die früher üblichen Stufeneinteilungen der OSM gerade im Gebiet, in dem sie ursprünglich aufgestellt worden waren, nicht aufrechterhalten lassen. Infolgedessen lassen sich auch für die Ostschweiz die früher zum Vergleich mit der süddeutschen Molasse eingeführten Bezeichnungen (HOFMANN, 1951) nicht aufrechterhalten, wenn auch die damals aufgestellte Stratigraphie der OSM der Ostschweiz davon nicht berührt wird. Es muß auf Grund der heutigen Kenntnisse der OSM zwischen den drei Sedimentationsgebieten streng unterschieden werden. Zur Unterteilung dienen am besten die neu erkannten sicheren Leitniveaux (Bentonithorizont, A-Grenze, «Appenzellergranit», Konglomerathorizonte, etc.). Die verschiedenen Fazieszonen und altersmäßig zu unterscheidenden Niveaux lassen sich in einem Gebiet mit derart komplexen Sedimentationsverhältnissen auf sinnvolle Art nicht durch Lokalbezeichnungen klassieren.

Wichtigste Literatur

- Bayrisches Geologisches Landesamt* (1955): Erläuterungen zur Geologischen Übersichtskarte der Süddeutschen Molasse (München).
- Büchi, U., & Hofmann, F.* (1945): Über das Vorkommen kohlig-kieseliger Schichten und verkieselter Baumstämme in der obern marinen Molasse von St. Gallen. *Eclogae geol. Helv.*, 38/I.
- Büchi, U., & Welti, G.* (1950): Zur Entstehung der Degersheimer Kalknagelfluh im Tortonien der Ostschweiz. *Eclogae geol. Helv.*, 43/1.
- Büchi, U. P.* (1950): Zur Geologie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Toggenburg und Rheintal (Kreuzlingen).
- Elberskirch, W., & Lemcke, K.* (1955): Zur Tektonik der nordalpinen Molassesenke. *Z. deutsche geol. Ges.*, Jg. 1953, 105/3.
- Erb, J.* (1900): Die vulkanischen Auswurfmassen des Höhgaus. *Vjschr. d. Natf. Ges. Zürich*, XLV.

- Erb, L.* (1931): Geologische Spezialkarte von Baden. Erläuterungen zu Bl. Hilzingen. Bad. geol. Landesanst. (Freiburg i. Brsg.)
- (1934): Geologische Spezialkarte von Baden. Erläuterungen zu Bl. Überlingen und Bl. Reichenau. Bad. geol. Landesanst. (Freiburg i. Brsg.)
- Füchtbauer, H.* (1954): Transport und Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. Heidelberger Beitr. z. Min. u. Petr., 4.
- (1955): Die Sedimentation der westlichen Alpenvorlandsmolasse. Zeitschr. deutsche geol. Ges., Jg. 1953, 105/3.
- Grubenmann, U.* (1886): Die Basalte des Hegaus. Diss. ETH Zürich (Frauenfeld).
- Hantke, R.* (1953): Gliederungsversuch der Oberen Süßwassermolasse im Gebiet der Hörnlischüttung. *Eclogae geol. Helv.*, 46/1.
- (1954): Die fossile Flora der obermiozänen Oehninger-Fundstelle Schrotzburg. *Denkschr. Schweiz. natf. Ges.*, 80/2.
- Haus, H. A.* (1950): Zur paläogeographischen Entwicklung des Molassetrogs im Bodenseegebiet während des mittleren Miozäns. *Mitt. Bad. Geol. Landesanst. (Freiburg i. Brsg.)*
- Hofmann, F.* (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st. gallisch-thurgauischen Miozäns und zur Bodenseegeologie. *Ber. Tätigk. st. gall. naturw. Ges.*, 74.
- Hofmann, F.* (1955a): Neue geologische Untersuchungen in der Molasse der Nordostschweiz. *Eclogae geol. Helv.*, 48/1.
- (1955b): Beziehungen zwischen Tektonik, Sedimentation und Vulkanismus im schweizerischen Molassebecken. *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing.*, 22/62.
- (1956a): Die vulkanischen Erscheinungen auf schweizerischem Gebiet nördlich des Rheins in der Gegend von Ramsen (Kt. Schaffhausen). *Eclogae geol. Helv.*, 49/1.
- (1956b): Sedimentpetrographische und tonmineralogische Untersuchungen an Bentoniten der Schweiz und Südwestdeutschlands. *Eclogae geol. Helv.*, 49/1.
- Kiderlen, H.* (1931): Beiträge zur Stratigraphie und Paläogeographie des süddeutschen Tertiärs. *Neues Jahrb. f. Min. etc., Beilagebd.* 66/B.
- Lemcke, K., v. Engelhardt, W., u. Füchtbauer, H.* (1953): Geologische und sedimentpetrographische Untersuchungen im Westteil der ungefalteten Molasse des süddeutschen Alpenvorlandes. *Beih. geol. Jahrb.*, 11 (Hannover).
- Pavoni, N.* (1952): Geologie der Fallätsche und die Bedeutung des limnischen Niveaus für die Zürcher Molasse. *Vjschr. natf. Ges. Zürich*, 97.
- (1953): Die rückläufigen Terrassen am Zürichsee und ihre Beziehung zur Geologie der Molasse. *Geographica Helv.*, 3.
- (1956): Zürcher Molasse und Obere Süßwassermolasse der Ostschweiz, ein stratigraphischer Vergleich. *Bull. Ver. Schweizer. Petrol.-Geol. u. Ing.*, 22/63.
- Reck, H.* (1923): Die Hegauvulkane (Berlin).
- Rutte, E.* (1951): Die Geologie der Oehninger Fundstätten. *Mitt. Bad. geol. Landesanst. (1950, Freiburg i. Brsg.)*.
- (1952): Die Hochbühlstörung in der Molasse bei Owingen (nördlich Ueberlingen/Bodensee). *Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Brsg.*, 42/2.
- (1956): Die Geologie des Schienerberges (Bodensee) und der Oehninger Fundstätten. *Neues Jahrb. Geol. u. Paläont., Abh.* 102/2.
- Schupppli, H. M.* (1952): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, IV. Mit einem Beitrag von *F. Hofmann*. *Beitr. Geol. K. Schweiz, Geot. Serie*, 26/4.
- Seemann, R.* (1929): Stratigraphische und allgemein geologische Probleme im Obermiozän Südwestdeutschlands. *Neues Jahrb. f. Min. etc., Beilagebd.* 63/B.
- Tobien, H.* (1951): Über die Grabungen der Oberen Süßwassermolasse des Höwenegg (Hegau). *Mitt. Bad. geol. Landesanst. (1950, Freiburg i. Brsg.)*.

Geologische Karten

- Geologische Spezialkarte von Baden, 1 : 25000, Bl. Hilzingen (Nr. 146), Bl. Ueberlingen (Nr. 148), Bl. Reichenau (Nr. 161), (L. Erb).*
- Geologischer Atlas der Schweiz, 1 : 25000. Bl. 56—59, Pfyn-Märstetten-Frauenfeld-Bussnang, (E. Geiger).*
- Geologische Generalkarte der Schweiz, 1 : 200000, Bl. 3, Zürich-Glarus. Schweiz. Geol. Komm. (P. Christ & W. Nabholz).*
- Geologische Uebersichtskarte der Süddeutschen Molasse (mit 3 Profiltafeln). Bayr. Geol. Landesamt, München.*

Manuskript eingegangen am 25. Februar 1956