

GEOLOGISCHE KARTE DER REPUBLIK ÖSTERREICH 1 : 25.000

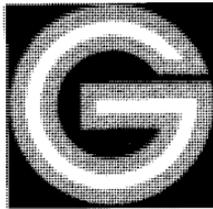
ERLÄUTERUNGEN

zu Blatt

82 BREGENZ

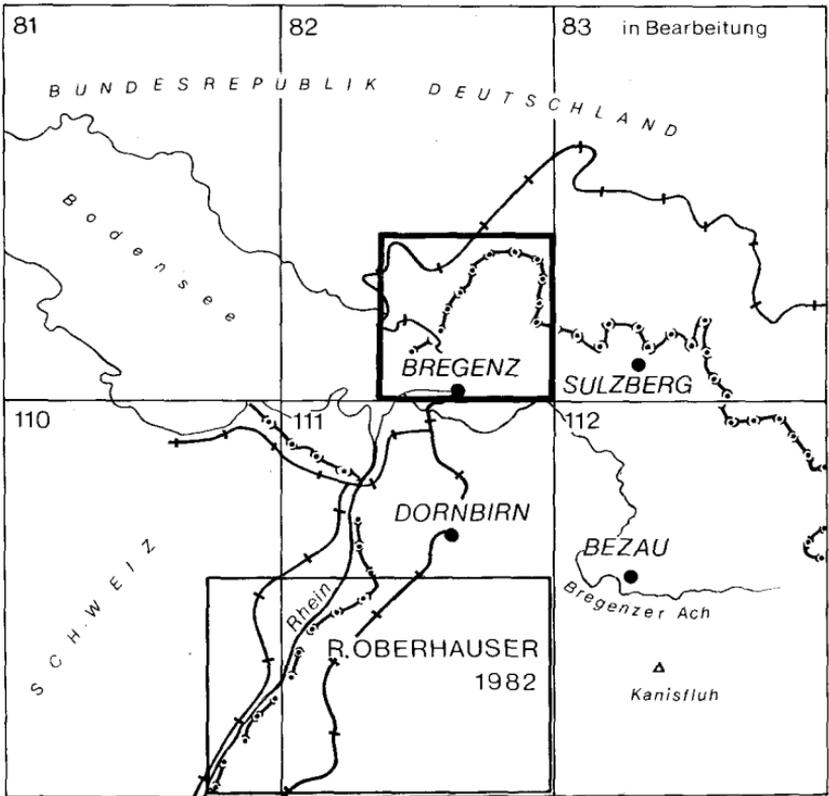
von PAUL HERRMANN (österreichischer Gebietsanteil)
und
KLAUS SCHWERD (Gebietsanteil der BRD)

Mit 2 Abbildungen und 1 Tafel



Wien 1983

Eigentümer, Herausgeber und Verleger:
Geologische Bundesanstalt, A-1031 Wien, Rasumofskygasse 23



Blatt 82 Bregenz
und seine Nachbarblätter mit Stand der Bearbeitung (Ende 1982)

Anschriften der Verfasser

**Dr. PAUL HERRMANN, Geologische Bundesanstalt, Rasumofskygasse 23,
A-1031 Wien**

**Dr. KLAUS SCHWERD, Bayerisches Geologisches Landesamt, Prinzregen-
tenstraße 28, D-8000 München**

Alle Rechte vorbehalten

ISBN 3-900312-23-0

Redaktion: ALOIS MATURA

**Satz: Geologische Bundesanstalt
Druck: Ferdinand Berger & Söhne OHG, 3580 Horn**

Inhaltsverzeichnis

	Seite
Vorwort	3
1. Geographischer und geologischer Überblick	3
2. Schichtfolge	6
2.1. Tertiär	6
Obere Meeresmolasse	6
Obere Süßwassermolasse	8
2.2. Quartär	10
Präwürm	10
Früh- und Hochwürm	12
Spätglazial	16
Postglazial	20
3. Tektonik	22
4. Nutzbare Gesteine	23
5. Empfehlenswerte Exkursionspunkte	24
Literatur	25

Vorwort

Über die geologischen Verhältnisse auf Blatt 82 Bregenz existieren zahlreiche Publikationen, von denen nur jene von J. BLUMRICH (1930, 1936) und ARN. HEIM, E. BAUMBERGER & H. G. STEHLIN (1928) als wichtigste genannt seien. Außer einer sehr kleinmaßstäblichen Kartenskizze in der letztgenannten Arbeit liegen aber keine Karten vor.

Der von K. SCHWERD aufgenommene Gebietsanteil der Bundesrepublik Deutschland wurde von P. HERRMANN auf die offizielle österreichische Kartenunterlage übertragen, was wegen oft beträchtlicher Ungleichheiten der topographischen Unterlagen mit erheblichen Schwierigkeiten verbunden war. Bei Auffassungsunterschieden im Grenzbereich (z. B. Terrassenkanten) wurde die Meinung des österreichischen Autors dargestellt. Bedauerlicherweise sind aber bei der Übertragung auch einige Fehler passiert, die in der Berichtigungsskizze (Beilage) angeführt sind. Der österreichische Autor bittet um Nachsicht.

Die Autoren möchten folgenden Personen und Institutionen für ihre Hilfe beim Zustandekommen der vorliegenden Arbeit danken:

R. HANTKE (Zürich) für Holzuntersuchungen; E. GRÜGER (Göttingen) für Pollenanalysen; F. RÖGL (Naturhistorisches Museum Wien) und F. STOJASPAL (Geologische Bundesanstalt Wien) für Fossilbestimmungen; M. SALGER (Bayerisches Geologisches Landesamt) für Leicht- und Schwermine-ralanalysen; J. ZIEGLER und H. JERZ (beide Bayerisches Geologisches Landesamt), R. OBERHAUSER (Geologische Bundesanstalt Wien) und P. STARCK (Amt der Vorarlberger Landesregierung) für Diskussionen, Geländebegehungen und Überlassung von Literatur; weiters dem Stadtbauamt Lindau, Straßenneubauamt Kempten und Straßenbauamt Kempten für die Überlassung von Bohrergebnissen.

1. Geographischer und geologischer Überblick

Blatt 82 Bregenz umfaßt österreichisches und bayerisches Gebiet östlich des Bodensees. Morphologisch ist es scharf geschieden in die Rhein-

talebene, das flachwellige Leiblachtal und den 600 m darüber aufragenden Pfänderstock. Der Steilabfall des Pfänderstockes gegen Westen ist offenbar durch das Aussetzen der Nagelfluhen des Pfänderfächers bedingt; an der Leiblach, nur etwa 1,5 km weiter westlich, konnte keine einzige Nagelfluhbank aufgefunden werden.

Nach älterem Verständnis gehört der Pfänderstock der „Aufgerichteten Molasse“ an, also dem Grenzbereich, in dem die nördlichste Antiklinale der Subalpinen Molasse in die flachliegende Vorlandmolasse ausläuft. Gemäß dem von W. FUCHS (1976) erarbeiteten neuen Konzept der Molasseentwicklung ist er der Äußeren Molasse zuzuordnen. Die Granitische Molasse ist als tiefstes Schichtglied an der Bregenzer Ache und ihren Nebenbächen aufgeschlossen; auf Blatt 82 Bregenz erreicht sie nirgends mehr die Geländeoberkante. Sie ist mergelig mit Sandsteineinlagen ausgebildet, wie es auch TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER (1976, S. 14) aus dem Rotachtal auf Blatt Weiler i. A. beschreiben. Das Tal der Rotach und der unterste Abschnitt des Bregenzer Ach-Tales folgen dem Streichen dieser wenig widerstandsfähigen Gesteine.

Darüber folgt die Obere Meeresmolasse. Sie ist durch den Aussüßungshorizont, dem die Kohle des Wirtatobels angehört, deutlich zweigeteilt; es hat sich in der Literatur eingebürgert, den tieferen Teil als „Burdigal“, den höheren als „Helvet“ zu bezeichnen. Nun ist der Begriff „Helvet“ aus der modernen Stratigraphie überhaupt verschwunden, die Korrelation des typischen Burdigals mit Schichten der Molassezone als unsicher erkannt worden; zudem besteht kein Grund zur Annahme, daß der Flözhorizont tatsächlich einer internationalen biostratigraphischen Grenze entspricht. Es erscheint daher besser, auf die von J. BLUMRICH (1930, S. 87) gebrauchten Bezeichnungen „Luzerner Schichten“ für den tieferen, und „St. Galler Schichten“ für den höheren Teil zurückzugreifen. Es scheint allerdings, daß F. J. KAUFMANN (1872, S. 213) mit „Luzerner Schichten“ nur weitgehend nagelfluhfremde Sandsteinkomplexe gemeint hat und die Grenze zu den St. Galler Schichten mit dem Einsetzen der Grobschüttungen zog; so werden diese Begriffe auch bei ALB. HEIM (1919, S. 104 bzw. 106) verwendet, gleichzeitig aber als „Burdigalien“ bzw. als „Vindobonien“ bezeichnet. Danach müßte man die Grenze eigentlich etwa 150 m tiefer an der Basis der Kanzelfelsennagelfluh legen. Die beiden Schichtnamen werden deshalb im weiteren unter Anführungszeichen gebraucht.

Die größte oberflächliche Verbreitung unter den Tertiärsedimenten hat die Obere Süßwassermolasse, deren Nagelfluhbänke das Erscheinungsbild besonders des Pfänderwesthanges prägen.

Die flacheren Teile des Pfänderstockes sind, ebenso wie Rheintal und Leiblachtal, von quartären Sedimenten verhüllt.

Der beiliegende geologische Schnitt (Abb. 1) durch den österreichischen Anteil des Blattes 82 Bregenz wurde von SE nach NW, also etwa normal zur Hauptstreichrichtung, gelegt, Das darin dargestellte Aussetzen bzw. Durchstreichen von Nagelfluhzügen ist nur gesichert, soweit es obertags beobachtbar ist; Tiefbohrungen standen nicht zur Verfügung. Die Obere Süßwassermolasse ist reicher an Nagelfluhen, als im Schnitt ersichtlich; doch hätte eine Eintragung weiterer Bänke fragwürdige Extrapolationen erfordert. Jedenfalls zeigen auch die dargestellten Bänke das Verflachen des Schichtfallens gegen N.

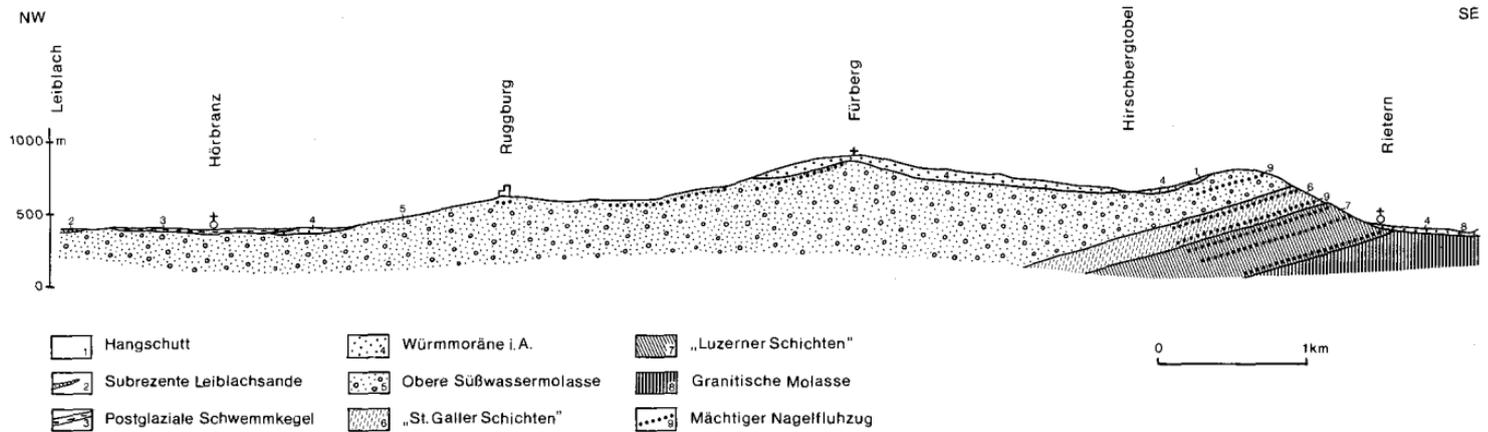


Abb. 1: Geologischer Schnitt durch die Gestörte Äußere Molasse zwischen der Leiblach bei Hörbranz und Rietern (P. HERRMANN, 1982).

2. Schichtfolge

2.1. Tertiär

Obere Meeresmolasse

„Luzerner Schichten“

Dieser tiefere Teil der Oberen Meeresmolasse beginnt mit einer (auf Blatt 82 Bregenz nirgends aufgeschlossenen) Nagelfluh, die rund 2 m mächtig wird und die Sandsteine und Mergel der Granitischen Molasse diskordant übergreift. Darüber folgt die Zone der Glaukonitischen Sandsteine mit etwa 150 m Mächtigkeit. Es handelt sich um massige, überwiegend gut sortierte Sandsteine, denen gelegentlich Mergelnester eingelagert sind. Geröllschnüre treten in der Straßenkurve bei der Kirche von Langen auf; weiter westlich ist das Paket von Geröllen frei. J. BLUMRICH (1936, S. 253) beschreibt vom Kusterberg südlich des Blattrandes eine Einlagerung von Süßwassermergeln mit Schnecken und einem Kohleflözchen.

Über dieser mächtigen, ziemlich einheitlichen Zone folgt eine unruhige Wechsellagerung von Nagelfluh, Sandstein und Mergel. Den tiefsten Teil bildet die Kanzelfelsennagelfluh, ein etwa 50 m mächtiger Konglomeratkomplex mit Sandsteinbänken und Mergellagen. Nach einer ebenfalls etwa 50 m mächtigen Zone von konglomeratfreiem Sandstein mit Mergellagen folgt die Gebhartsbergnagelfluh, ebenfalls mit Sandstein- und Mergel-einlagerungen. Darüber folgen Sandsteine und Mergel mit rasch abnehmender Korngröße. Das Hangendste der „Luzerner Schichten“ bildet der Horizont der Wirtatobel-Kohle. Er erreicht im Wirtatobel selbst etwa 2 m Mächtigkeit, wovon etwa 70 cm auf Kohleflözchen, der Rest auf Mergelkalke und Mergel entfällt. Im Streichen dünnt der Komplex sowohl nach Südwesten wie nach Nordosten aus; im Westen konnte er jedoch von W. RESCH noch im Pfändertunnel gefunden werden (W. RESCH, 1977, S. A 84), im Osten konnte ihn O. SCHMIDEGG (1945, S. 1) bis Reichartenstehlen bei Langen verfolgen.

Der gesamte Bereich der „Luzerner Schichten“ ist nach G. WOLETZ (in B. PLÖCHINGER, 1958, Tab. 6) durch reichliches Auftreten des sowohl darunter wie darüber fehlenden Schwerminerals Epidot gekennzeichnet. S. SCHIEMENZ (1960, S. 76) gibt aus den Nagelfluhen 96–97% Flyschgerölle an; damit unterscheiden sich diese Nagelfluhen nur von Nagelfluhen anderer Fächer, nicht von den jüngeren Nagelfluhen des Pfänderfächers. Neben Geröllen des ostalpinen Jura (3–4%) und der ostalpinen Trias (unter 1%) fand er in der Kanzelfelsennagelfluh am Wirtatobel auch Gneisgerölle, die er mit 0,02% des Gesamtbestandes angibt. J. BLUMRICH (1930, S. 90) bezeichnet das Vorkommen von Gneisgeröllen als Unterscheidungsmerkmal der Kanzelfelsenfluh gegenüber jüngeren Konglomeraten.

Korngrößenanalysen der Glaukonitischen Sandsteine ergaben Mittelwerte um 0,3–0,4 mm bei guter Sortierung und einer Schiefe, die nur wenig von der Normalverteilung abweicht.

Der tiefere Teil der Zone der Glaukonitischen Sandsteine hat bisher keinerlei Fossilien geliefert. Erst im höchsten Teil dieser Zone treten Foraminiferen und Ostracoden in den Mergeln auf und kommen bis knapp ins Liegende der Wirtatobelkohle vor.

In den Nagelfluhkomplexen sind Austern sehr häufig; Austernbänke konnten von W. RESCH (1977, S. A 84) im Pfändertunnel im Bereich der

Kanzelfelsenagelfluh, vom Verfasser selbst in der Gebhartsbergagelfluh an der Typokalität beobachtet werden. ARN. HEIM et al. (1928, S. 8) erwähnen den Fund von Land- und Süßwasserschnecken aus den Kohlschichten des Wirtatobels. An Säugetieren wurden lediglich Mastodonreste aus der Gebhartsbergagelfluh (W. GÜMBEL, 1896, S. 118) und der Flözserie (M. VACEK, 1887, S. 122) bekannt.

F. RÖGL (Naturhistorisches Museum Wien) konnte vom Autor eingesandte Proben aus dem höheren Teil der Zone der Glaukonitischen Sandsteine und höheren Anteilen der „Luzerner Schichten“ durch das Vorkommen von *Elphidium ortenburgensis* (EGGER) und *Uvigerina cf. bononiensis* FORNASINI in das Eggenburg einstufen. Gleiches Alter ergab auch eine von W. RESCH (1977, S. A 83) angeführte Nannoplanktonprobe aus dem Bereich zwischen Kanzelfelsen- und Gebhartsbergagelfluh.

J. SPECK (1945, S. 415) nimmt für die dem Glaukonitischen Sandstein ähnlichen, gleich alten Sandsteine der östlichen Schweiz die Entstehung in einem Wattenmeer an. Der darüber folgende Bereich zeigt mit seinen Nagelfluhschüttungen das Vorrücken der Küste nach Norden an, doch sind die Nagelfluhen noch in marinem Mileiu entstanden, wie die reichlich vorkommenden Austern und der Cirripedierbewuchs auf einzelnen Geröllen (freundl. mündl. Mitt. von R. SIEBER) zeigen. Der marine Charakter bleibt bis knapp unterhalb der Wirtatobelkohle erhalten, wie die von B. PLÖCHINGER (1958, S. 316) beschriebenen Foraminiferenfaunen zeigen. W. WENZ (1933, S. 10) konnte anhand der Landschneckenfauna nachweisen, daß der Komplex des Wirtatobelflözes in der Nähe der Küste gebildet wurde, also nur ein ganz schwacher Meeresrückzug stattfand.

„St. Galler Schichten“

Über der Wirtatobelkohle folgt ein etwa 150 m (nach W. RESCH, 1977, S. A 82; 180 m) mächtiges Paket aus Nagelfluhen, Sandsteinen und Mergeln, das noch der Oberen Meeresmolasse zugerechnet wird. Der rasche vertikale Fazieswechsel läßt eine Untergliederung wie in den „Luzerner Schichten“ nicht zu, doch lassen sich einzelne Nagelfluhbänke auch quer zur Schüttungsrichtung über mehrere km verfolgen, was die „St. Galler Schichten“, zusammen mit dem höheren Sandstein- und geringeren Schluffanteil, deutlich von der Oberen Süßwassermolasse unterscheidet.

Nach G. WOLETZ (in B. PLÖCHINGER, 1958, Tab. 6) zeigen die „St. Galler Schichten“ im Schwermineralspektrum Granatvornacht bei Fehlen des in den „Luzerner Schichten“ häufigen Epidots. S. SCHIEMENZ gibt aus den Nagelfluhen Geröllspektralen an, die sich völlig mit denen der „Luzerner Schichten“ decken.

J. BLUMRICH (1930, S. 89) erwähnt, daß er im „Hangendkonglomerat der Flözzone“ ein Geröll gefunden habe, das mit 50x30 cm das größte der Pfändermolasse sei.

Eigene Schlammproben aus den Schluffen enthielten Foraminiferen, besonders häufig die Gattungen *Elphidium*, *Nonion*, *Ammonia* und *Globigerina* (Bestimmungen von F. RÖGL, Naturhistorisches Museum Wien), daneben Ostracoden; W. RESCH (1977, S. A 82) erwähnt außerdem Reste von Einzelkorallen, Balaniden, Echiniden, Bryozoen und Fischzähnen sowie Characeen. Reiche Molluskenfaunen wurden beim Bau der Herz-Jesu-Kirche in Bregenz (Fossilzeichen auf der Karte) gefunden; eine Faunenliste findet sich bei J. BLUMRICH (1930, S. 106–108). Während der Kartierungsarbeiten konnten auf einer unmittelbar benachbarten Baustelle Ga-

stropodenreste aufgesammelt werden; sie wurden von F. STOJASPAL als *Turritella cf. studeri* MAYER-EYMAR bestimmt. Keine neuen Funde konnten dagegen an der Fundstelle Wirtatobel (R. SIEBER, 1971, S. A 122) gemacht werden.

Eine Probe des Verfassers vom Weg unterhalb der Lokalität „Stollen“, also dem tiefsten Teil der „St. Galler Schichten“ konnte von F. RÖGL ins Eggenburg eingestuft werden; höhere Teile könnten dem Otttang angehören. Die Übereinstimmung mit dem Schweizer „Helvet“ wurde auch von W. RESCH (1977, S. A 82) wieder betont; von eigenen Funden ist die Ost-racodenart *Cytherella schoelleri* (KEY) aus der Fundstelle Wirtatobel interessant, da H. OERTLI (1956, S. 66) für sie als einzigen Fundort in der Schweizer Molasse „Helvétien von Chaux d’Abel, Berner Jura“ angibt.

Die „St. Galler Schichten“ wurden, ebenso wie der höhere Teil der „Luzerner Schichten“ im Strandbereich, nahe einer Flußmündung, gebildet. W. RESCH (1977, S. A 82) konnte durch eine genaue Analyse des Profils im Grasreutobel feststellen, daß schon vor der endgültigen Aussüßung an der Obergrenze der „St. Galler Schichten“ brackische und sogar limnische Einschaltungen vorkommen.

Obere Süßwassermolasse

Die Obere Süßwassermolasse ist hauptsächlich aus Zyklen Nagelfluh – Sandstein – Schluff aufgebaut. Nur selten tritt über den Schluffen Sandstein auf, ehe die nächste Nagelfluhbank erscheint. Besonders in den höheren Partien lassen sich die Nagelfluhrippen fast nur in Süd–Nord-Richtung, entsprechend dem ehemaligen Strömungsverlauf, verfolgen. Als Sonderfazies tritt bei Sorgen ein 0,3–0,5 m mächtiger dichter Süßwasserkalk auf.

Die Mächtigkeit der auf Blatt 82 Bregenz vorhandenen Teile der Oberen Süßwassermolasse läßt sich schwer abschätzen, dürfte aber in der Größenordnung von 2000–2500 m liegen. Dabei wird der Anteil der Schluffe und Mergel im Pfänderstock auf 60%, jener der Sandsteine auf 10% und der Nagelfluhen auf 30% geschätzt. Im Leiblachprofil, nur etwa 1,5 km westlich des Pfänderwesthanges, fehlen Nagelfluhen völlig; Feinsandsteine und Schluffe und Mergel dürften etwa gleich verbreitet sein.

G. WOLETZ (in B. PLÖCHINGER, 1958, Tab. 6) gibt aus der Oberen Süßwassermolasse Schwermineralspektren an, die sich von jenen der „St. Galler Schichten“ durch einen höheren Anteil opaker Minerale und durch ein Hervortreten des Zirkons auf Kosten des Granats, insgesamt also durch stärkere Verwitterungsauslese, unterscheiden.

M. SALGER (Bayerisches Geologisches Landesamt) untersuchte für die vorliegende Arbeit die mineralogische Zusammensetzung der Mergel und Sandsteine. Dabei kam es zu folgendem Ergebnis (in Vol.-%):

	Mergel	Sandstein
Quarz	30–41	29–41
Feldspat	0–3	2
Kalzit	21–42	36–51
Dolomit	bis 4	bis 3
Glimmer und Tone	26–46	15–28

Unter den Tonmineralen konnte er in den Mergeln Montmorillonit (49–64%, zum Hangenden ansteigend), Illit (27–43%, zum Hangenden

abnehmend), Chlorit (6–11%) und Kaolinit (etwa 3%) feststellen. Weiters konnte er beobachten, daß der Anteil des Quarzes zum Hangenden auf Kosten des Kalzits zunimmt.

S. SCHIEMENZ (1960, S. 76) gibt Geröllspektren an, die sich von denen der Oberen Meeresmolasse nicht unterscheiden; der Verfasser konnte in den Nagelfluhen der „Höll“ nördlich Ruggburg einzelne stark zersetzte Kristallingerölle beobachten. S. R. MIKBEL (1969, S. 26) gibt aus einer Nagelfluh „unterhalb des Pfändergipfels“ ein Geröllspektrum an, das neben verschiedenen Kalken 10% glaukonitischen Sandstein, 3% Kristallin und 0,5% Radiolarit enthält.

In den Schluffen der Oberen Süßwassermolasse treten immer wieder Molluskenfaunen von sehr einförmiger Zusammensetzung auf. F. STOJASPAL (Geologische Bundesanstalt Wien) konnte von mehreren Lokalitäten folgende Fossilien bestimmen: *Tryptichia grandis* (KLEIN), *Tryptichia helvetica* (MAYER), *Melania escheri turrita* (KLEIN), *Gyraulus kleini* (GOTTSCHICK & WENZ), *Cepaea silvana* (KLEIN), *Tropidomphalus (Pseudochloritis) incrassatus* (KLEIN), *Galba* sp.; in Schlammproben treten häufig Opercula von *Pomatias* sp. und Schälchen von *Limacidarum* gen. et spec. indet. auf. Der Süßwasserkalk von Sorgen enthält ebenfalls die schon erwähnten Formen. Aus ungeklärten Gründen fehlen Ostracoden praktisch vollkommen. Mehrfach wurden Wirbeltierreste gefunden, die jedoch großteils für eine spezielle Bearbeitung nicht geeignet waren; die bestbearbeitete Fauna stammt aus Mergel 300 m westlich Sorgen. Hier konnte K. A. HÜNERMANN (zitiert in F. F. STEININGER et al., im Druck) *Ophisaurus* sp. (eine Eidechse), *Galerix* sp. *Cotimus* cf. *bifidus* (Hamster), *Prolagus oeningensis* und *Cervoida* indet. (Hirsch) bestimmen. Daneben scheint vor allem noch der Fund eines Stoßzahnes von *Mastodon* erwähnenswert, den J. BLUMRICH (1936, S. 259) von der Schlucht „Höll“ bei Ruggburg berichtet.

In der älteren Literatur sind nur Land- und Süßwasserschnecken zur Einstufung der Oberen Süßwassermolasse herangezogen worden. Die Altersangaben lauten auf „Tortonien“ (ARN. HEIM et al., 1928, S. 58; J. BLUMRICH, 1930, S. 87), höhere Teile werden auch als Sarmat (U. P. BÜCHI, 1959, S. 452) und Pont (U. P. BÜCHI, 1959, S. 454) bezeichnet. Die neuen Ergebnissen aus der Oberen Meeresmolasse lassen jedoch vermuten, daß die Untergrenze der Oberen Süßwassermolasse wesentlich tiefer liegt. Auch H. M. BÜRGISSE (1981, S. 149) vermutet auf Grund von Kleinsäugerfaunen, daß die Untergrenze der Oberen Süßwassermolasse in der Nordostschweiz im Bereich oberes Otnang-Karpat liegt. Die erwähnte Fauna von Sorgen läßt sich nach K. A. HÜNERMANN mit dem mittleren Baden korrelieren. Danach scheint der größte Teil der auf Blatt 82 Bregenz vorhandenen Oberen Süßwassermolasse dem Mittelmiozän anzugehören.

U. P. BÜCHI (1950, S. 21) konnte in der Ostschweiz ebenfalls beobachten, daß die Nagelfluhen der Oberen Süßwassermolasse nur in der ehemaligen Strömungsrichtung über längere Strecken zu verfolgen sind, quer dazu aber rasch auskeilen und durch andere Züge ersetzt werden, die nicht dem gleichen Niveau angehören. Er schloß daraus, daß die Obere Süßwassermolasse, zumindest in diesem alpennahen Teil, nicht in einen süßwassergefüllten Becken abgelagert wurde, sondern eine fluviatile Bildung ist. Die Nagelfluhen und (bei abnehmender Transportkraft) Sandsteine wurden im Flußbett abgelagert, die Schluffe sind Überschwemmungs- und Altwasserbildungen. In einem vom Strom abgeschnittenen Altwasser wurde der Süßwasserkalk von Sorgen gebildet.

2.2. Quartär

Präwürm

Präwürmeiszeitliche Sedimente treten vor allem im Bösenreutiner Tobel (Abb. 2), im Motzacher Tobel und im Tobel nordwestlich bis nördlich Motzach in Form von Schluffen, Sanden, Schottern und Moräne zutage. Weiter tritt Altmoräne an der Ostseite des Hochbergs bei Schwenden am Ost- rand des Blattes auf.

Im Bösenreut(iner) Tobel – hier finden sich die besten Aufschlüsse präwürmeiszeitlicher Ablagerungen – tritt zuunterst zwischen dem Fabriksgelände am südlichen Tobelausgang und knapp südlich der in der Karte eingetragenen Holzfundstelle südwestlich von Tobel eine im Bereich des südlichen Tobelausganges gut 20 m mächtig aufgeschlossene Sandfolge auf. Die meist stark verdichteten, hellocker bis hellbräunlichen, auch grauen Sande sind im allgemeinen feinclaminiert und führen horizont- weise Wickelschichtungen (convolute bedding). Die Korngrößen wechseln oft sehr rasch von Schicht zu Schicht. Die z. T. durch Kalkzement etwas verhärteten Sande führen einzelne Kalkschluffstein-Lagen und -Linsen sowie im oberen Teil Einzelgerölle und Geröllinsen. In mehreren Auf- schlüssen wurden zudem inkohlte Holz- und andere Pflanzenreste (Pflanzenhäcksel) beobachtet. An Schwermineralen (Korngröße 100–250 μ) treten, aus 2 Proben gemittelt, rund 50% Granat, 19–32% Hornblende, rund 9–12% Staurolith, 6–9% Epidot und Zoisit, 2–5% Zirkon sowie Rutil, Turmalin und Apatit auf.

Über diesen Sanden folgen großteils zu Nagelfluh verhärtete Schotter, die ebenfalls vom südlichen Tobelausgang bis knapp südlich der in der Karte eingetragenen Holzfundstelle mit nach Norden ansteigender Unter- und Obergrenze aufgeschlossen sind. Während sie sich wahrscheinlich nach Norden zu mit den unterlagernden Sanden verzahnen, dürfte die Obergrenze vor allem erosiv begrenzt sein.

Im Südteil des Tobels beträgt die Mächtigkeit der Schotter ca. 8–10 m, nach Norden reduziert sie sich bis zu ihrem Verschwinden nach untertage auf rund 3 m. Die kreuzgeschichteten Schotter setzen sich im Süden aus einem sandigen, steinigen, blockführenden Kies mit 10–15% Kristallinanteil der Gerölle zusammen. Der Kies wird nach Norden insgesamt etwas feinkörniger. Eingeschaltet sind sandige Zwischenlagen und im nördlich- sten Teil in den oberen Horizonten Holzreste und humose Schluff- und Sandlinsen.

Über diesen Schottern treten im Bereich der in die Karte eingetragenen Holzfundstelle maximal rund 6 m mächtige Seesedimente auf, die zwischen den Schottern und der darüberlagernden, vermutlichen Ribmoräne nach Süden wie Norden wohl rasch auskeilen. Die Seeablagerungen stellen gelblichgraue bis dunkelgraue, feinclaminierte, schluffige Feinsande bis sandige Schluffe mit Schneckenresten dar, in die wenigstens 4 cm bis über 3 dm mächtige, humose Horizonte mit teils reichlich Holzresten eingelagert sind. E. GRÜGER (Göttingen, schriftl. Mitt.) bestimmte in einigen Proben, die insgesamt sehr pollenarm waren, Pollen von *Picea*, *Pinus*, *Cyperaceae* und *Lycopodium*. Die Pollenarmut läßt nach diesem Bearbeiter darauf schließen, daß entweder während der Ablagerung der Seesedimente keine Waldzeit oder aber sehr rasche Sedimentation herrschte. R. HANTKE (Zürich, schriftl. Mitt.) konnte an einigen Holzproben *Alnus* und *Picea* bestimmen. An Schwermineralen (Korngröße 100–250 μ) treten in 1 Probe

84% Granat, 6% Staurolith, 4% Zirkon sowie Turmalin, Rutil, Hornblende, Epidot und Zoisit auf.

Die über den Seesedimenten folgende, der Rißeiszeit zugerechnete Moräne läßt sich im Bösenreutiner Tobel zumindest vom Seitengraben südwestlich von Bösenreutin bis nordwestlich der Ortschaft Tobel verfolgen. Sie wird am Osthang des Tobels zumindest bereichsweise durch ein Schotterpaket von der darüberfolgenden Würmmoräne getrennt. Am Westhang scheint dieser Schotter dagegen zu fehlen (erosiv durch den Würmgletscher entfernt?), sodaß hier Riß- und Würmmoräne kaum voneinander trennbar sind.

Die Rißmoräne bildet einen dicht gelagerten, manchmal halfest bis festen, kiesig-sandigen, teils tonigen Schluff von frisch bläulichgrauer, verwittert bräunlichgrauer Farbe. Eingelagert sind sandig-kiesige Schmelzwassersedimente. Die Mächtigkeit dieser Moräne, die vielleicht der von A. SCHREINER (1978, S. 5 ff., Abb. 2) erwähnten, fraglichen Rißmoräne auf Blatt Tettang und Wangen West entspricht, erreicht südwestlich von Tobel ca. 15–18 m.

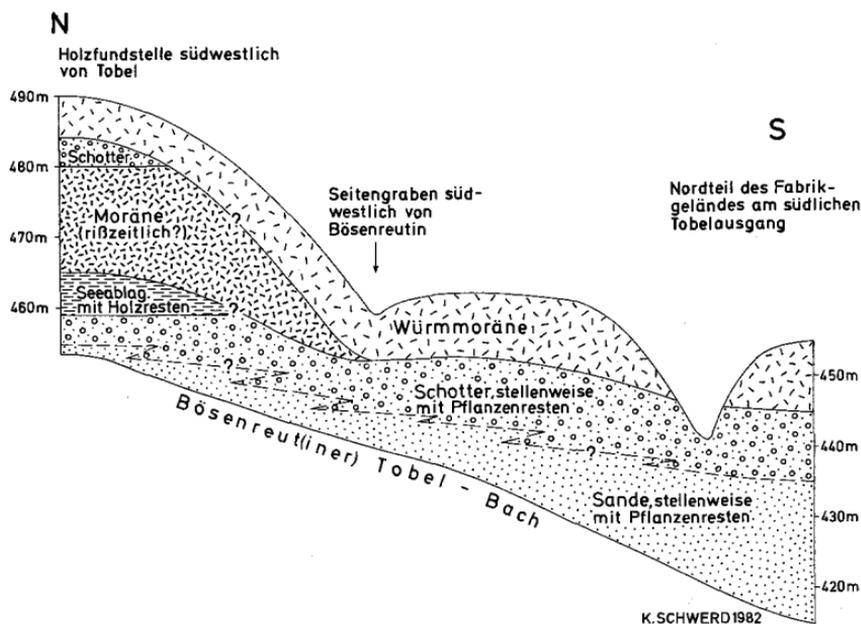


Abb. 2: Schematisches Sammelprofil durch die Quartärablagerungen an der Ostflanke des Bösenreut(iner) Tobels zwischen Rickenbach und der Holzfundstelle südwestlich von Tobel (K. SCHWERD, 1982).

Der bereits erwähnte, zwischen Riß- und Würmmoräne am Tobelosthang bei etwa 480 m NN von südwestlich der Holzfundstelle bis nordwestlich von Tobel, mehrfach aufgeschlossene Schotter, ist im Südteil zu Nagelfluh verhärtet und rund 4 m mächtig, im Nordteil dagegen weniger stark zementiert und rund 6–7 m mächtig. Der sandig-steinige, kreuzgeschichtete Kies bis kiesige Sand führt etwa 10–15% Kristallingerölle und z. T. größere Sandlinsen. Der Schotter könnte spätrißzeitlich, ebenso gut aber auch frühwürmzeitlich sein.

Im Motzacher Tobel und im Tobel nordwestlich von Motzach ist als unterste Einheit eine sehr dichte Moräne aufgeschlossen, die der Lage und Ausbildung nach der Reißmoräne des Bösenreutiner Tobels entsprechen dürfte. Unter dieser Moräne scheinen in den genannten Tobeln Sande zu folgen, die eventuell den unteren Sanden im Bösenreutiner Tobel gleichzustellen sind.

Wie an letztgenannter Lokalität lagern darüber auch in beiden Tobeln bei Motzach kreuzgeschichtete, teils zu Nagelfluh zementierte, kristallreiche Schotter und Sande, die von der Würmmoräne überdeckt werden. Die Untergrenze dieser vermutlich spätrißglazialen oder frühwürmglazialen Schotter liegt im Bereich zwischen dem Motzacher Tobel und dem Tobel nordwestlich von Motzach bei rund 450 m NN, im Bösenreutiner Tobel dagegen bei ca. 480 m. Es dürfte sich demnach wohl nicht um die gleiche Schüttung handeln. Zu diesen Schottern gehören auch die im nördlichen Ortsteil von Motzach in einer aufgelassenen Kiesgrube anstehenden Vorkommen. Die Mächtigkeit der Schotter und Sande erreicht im Motzacher Tobel bis etwa 20 m, im Tobel nordwestlich von Motzach etwa 12 m, wobei sie nach oben erosiv durch die Würmmoräne begrenzt sind.

Während F. KINKELIN (1907, S. 69 ff.) die Schotter und Sande in einer Kiesgrube im nördlichen Motzach und im Motzacher Tobel als vorwürmglaziale Bildungen ansah, stufte M. MÜNST (1955, S. 38) diese sowie die unteren und oberen Schotter im Bösenreutiner Tobel als würminterstadial ein.

Die am Westrand der Karte von TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER (1976) bei Oberschwenden südwestlich von Scheidegg eingetragene präwürmeiszeitliche, von H. JERZ (in TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER, 1976, S. 56) als vermutlich rißeiszeitlich eingestufte Altmoräne setzt sich auf Blatt Lindau nach Südwesten noch etwa bis zur deutsch-österreichischen Grenze fort.

An der Ostseite des Hochberges findet sich ein Moränenwall, der nach R. HANTKE (1979, S. 286) als präwürmeiszeitlich betrachtet werden muß. Die Moräne am Sulzberg wurde von TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER (1976, S. 20) mit jener des Hochberges korreliert und als rißzeitlich eingestuft.

Früh- und Hochwürm

Ein relativ sicher früh- bis hochwürmglaziales Schottervorkommen bilden die durch einen Übergang mit der darüberlagernden Würmmoräne verbundenen Schotter, die bis über 10 m mächtig aufgeschlossen am Talhang bei Sigmarszell ausstreichen. Es handelt sich um z. T. gut geschichtete, sandige Kiese sowie kiesige bis schluffige Sande, die im oberen Teil bereits gekritzte Gerölle führen. Diese Schotter werden als sogenannte „Vorstoßschotter“ gedeutet, die im Vorfeld des von Süden heranrückenden würmeiszeitlichen Rheingletschers abgelagert und anschließend vom Eis überfahren wurden.

Es ist hier noch einmal darauf hinzuweisen, daß auch die Schotter, die zwischen dem Tobel nordwestlich von Motzach und dem Bösenreutiner Tobel zwischen der fraglichen Reißmoräne und der Würmmoräne auftreten und in der Karte den präwürmeiszeitlichen Bildungen zugerechnet sind, zumindest zum Teil, möglicherweise ebenfalls früh- bis hochwürmglaziales Alter haben.

Ein weiteres aus Maßstabsgründen nicht in die Karte eingetragenes Vorkommen wohl früh- bis hochwürmglazialer Gesteine tritt direkt südwestlich der kleinen Staumauer im Wolfsbach-Tal knapp nordöstlich Hei-

mesreutin auf. Im Bachbett stehen ca. 3 m mächtig aufgeschlossene, stark verdichtete, graue, gut geschichtete Sande mit Geröllagen und in-kohlter Pflanzensubstanz an. Sie werden von etwa 1–2 m sandigen Kiesen überlagert, auf denen die Würmmoräne folgt. In den Sanden wurden in einer Probe an Schwermineeralen (Korngröße 100–250 μ) 67% Granat, 14% Epidot und Zoisit, 7% Hornblende, 5% Staurolith sowie Apatit, Zirkon und Rutil gefunden.

Wie TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER (1976, S. 20) ausführen, drang das Eis des Rheintalgletschers in das Tal der Bregenzer Ach und Rotach ein und drängte den Bregenzer Achgletscher weit nach Osten ab. Alle auf Blatt 82 Bregenz verzeichneten Moränenvorkommen sind damit Bildungen des Rheingletschers. Östlich des als Eisteiler anzusehenden Höhenzuges Pfänder–Hochberg–Daxenberg treten Ablagerungen des Rotach-Teilgletschers auf, westlich davon handelt es sich um Sedimente des Argen–Leiblach–Lobus mit dem von M. MÜNSTER (1955, S. 10) darin ausgegliederten kleinen Lindauer Zweigbecken. Die flacheren Teile des Pfänderrückens sind von flächenmäßig ausgedehnten, sehr geringmächtigen Grundmoränenresten bedeckt. Am weitesten verbreitet und am mächtigsten tritt Würmmoräne im bayerischen Gebiet westlich der Leiblach auf.

Die Moräne liegt hier weitverbreitet als mehr oder weniger typische, aus Gesteinsschutt am Grunde des Rheingletschers entstandene Grundmoräne mit unregelmäßig wellig-kuppigem Relief vor. Sonderformen im Gebiet der Würmmoräne bilden Drumlins und Moränenwälle, die im folgenden gesondert beschrieben werden. Im Bereich von Rinnen und Senken, wie sie vor allem zwischen Drumlins und Wallmoränen auftreten, sowie in Hangfußbereichen ist die Moräne zum Teil durch geringmächtige, in der Karte nicht gesondert verzeichnete Schmelzwassersedimente (Sande und Schluffe) und kolluviale, sandig bis schluffige, lehmige, teils humose Schichten sowie auch geringmächtige Moorböden überdeckt. In seenahen Bereichen (besonders nördlich des Güterbahnhofes von Lindau, im südlichen Teil von Lindau–Aeschach und auf der Insel Lindau) kann die in die Karte eingetragene Moräne noch von geringmächtigen Seeablagerungen (Sande, Schluffe) überdeckt sein.

Während des Baues der Autobahn A 96 wurden in aufgegrabenen Böschungen häufig in die Moräne eingelagerte, bis zu mehrere Meter mächtige, geschichtete Kiese, Sande und Schluffe (Schmelzwasserablagerungen) beobachtet. Sie dürften vor allem während des Gletschervorstoßes bei kurzfristigen Stillstandphasen vor sowie auch unter dem Eis entstanden und dann bei weiterem Vorrücken des Eises erneut von Grundmoräne überdeckt worden sein. Stellenweise geht die Grundmoräne auch im obersten Teil in schluffärmere, z. T. etwas geschichtete, sandige Kiese bis kiesige Sande über, deren Material als Obermoräne auf dem Gletscher oder als Innenmoräne im Gletschereis transportiert und durch Abschmelzen des Gletschers über der Grundmoräne unter glazifluvialen Einflüssen abgelagert wurde.

Die Kieskomponenten der Grundmoräne und darin eingeschlossene Schmelzwassersedimente setzen sich im Bereich zwischen der Leiblach und dem westlichen Blattrand im Korngrößenbereich 2–6 cm aus rund 50–65% Kalk, daneben etwas Dolomit, Sandstein (darunter helvetischer Verrucano, Molassesandstein), Quarzit sowie aus über 15% Kristallin (häufig grünliche „Juliergranite“, daneben andere Granite, Gneise, Amphibolite u. a.) zusammen. Auf Ausbildung und Herkunft von Geschiebmaterial im Rheingletscher-Gebiet gingen unter anderem M. BRÄUHÄUSER

(1976, S. 51 ff.), E. GEIGER (1969), R. HANTKE (1978, S. 92), M. MÜNST et al. (1913, 37 ff.), M. SCHMIDT (1913, S. 25 ff.), M. SCHMIDT & M. BRÄUHÄUSER (1913, S. 40 ff.) sowie A. SCHREINER (1978, S. 22 ff.) ein.

Der Schwermineralgehalt der würmeiszeitlichen Moräne schwankt oft innerhalb eines Aufschlusses sehr stark. So ermittelte M. SALGER (Bayerisches Geologisches Landesamt) an Proben aus der Grundmoräne entlang der Autobahntrasse A 98 im Korngrößenbereich 0,1–0,25 mm 42–87% Granat, 5–12% Staurolith, 3–12% Epidot und Zoisit sowie 3–35% Hornblende neben 1–2% Disthen und geringen Mengen von Zirkon, Turmalin, Rutil und Apatit.

Die Mächtigkeit der Würmmoräne schwankt im Blattgebiet zwischen wenigen Dezimetern und über 30 m. Zumindest im Bereich von Lindau–Aeschach und der Nordwestecke des Blattes treten vielleicht noch wesentlich höhere Mächtigkeiten auf.

Die ältesten Moränenwälle treten bei Unterschwenden auf. Während sie nach Interpretation der Karte von M. SCHMIDT (1911) zu jüngeren Rückzugsstufen der Äußeren Jungendmoräne und nach der Karte von O. KELLER & E. KRAYSS (1980) im weiteren Sinn zum Stadium von Stein am Rhein gehören, sind sie analog der von Th. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER für den Rotach-Lobus des Rheingletschers angegebenen Höhe der Inneren Jungendmoräne dieser etwa gleichzustellen. Weitere Deglaziationsstände an der Ostflanke des Leiblach-Lobus bilden die Moränenwälle zwischen Dietsmühle, Emsgritt und Burgstall westlich Kinbach ab. Dabei gehören die Wälle bei Weienried und Dietsmühle nach O. KELLER & E. KRAYSS (1980) zum Stadium von Stein am Rhein, die Wälle bei Kinbach sind jedoch nach R. HANTKE (1980, Fig. 22) Rückzugsstufen des Konstanzer Stadiums zuzurechnen, ebenso der auffällige Moränenwall, auf dem die Ortschaft Hohenweiler–Kirchdorf steht und der schwächer ausgeprägte, etwas ältere Wall, der den Weiler Lerschen trägt. Ihnen entsprechen an der Westseite des Leiblach-Lobus etwa die Wälle zwischen Sigmarszell, Thumen, Eggalden und Zeisertsweiler (vgl. die Karte von M. SCHMIDT, 1911). Sie stehen nach M. SCHMIDT (1911, S. 17) mit den mittleren und unteren Argentalterrassen in Verbindung, die nach A. SCHREINER (1978, S. 18) ebenfalls Rückzugsphasen des Konstanzer Stadiums angehören.

Die jüngsten Moränenwälle des Argon-Leiblach-Lobus im Blattgebiet bilden der Wall im Zentrum von Aeschach mit Fortsetzung nach Westen in Richtung Schachen, der Wall nördlich der Eisenbahnbrücke beim Bad von Aeschach sowie die teils noch von Seeablagerungen eines höheren Bodenseestandes überdeckte Wallgruppe der Insel Lindau selber. Letztere hat ihre westliche Fortsetzung in den Untiefen südlich von Bad Schachen („Schachener Berg“) und die östlich Fortsetzung vermutlich im Moränenhügel mit Höhe 400 m knapp nördlich des Güterbahnhofes von Reutin (M. SCHMIDT, 1911, Karte; M. MÜNST, 1955, S. 22). Vermutlich bilden auch die langgestreckten, zwischen der Insel Lindau und Mehrearau verlaufenden Höhenrücken am Grunde des Bodensees noch jüngere Rückzugsmoränen des Rheingletschers (vgl. J. BLUMRICH, 1937, S. 188 ff.).

Typische periphere Schmelzwasserrinnen entlang ehemaliger Gletscherteilungen bilden z. B. der Oberlauf des Tobels nördlich Sigmarszell, der Oberlauf des Tales von Weißenberg, der Talzug von „Grund“ östlich Oberreutin (vgl. M. MÜNST, 1955, S. 12, 24), der sich nach Nordosten in Richtung Bösenreutin verlängert, sowie das Talstück der Ach

östlich von Oberreitnau samt dem Talstück südlich Höhenreute, das ursprünglich vermutlich über Oberreitnau nach Nordwesten Verbindung zum Nonnenbach hatte.

Die am Ostrand des Blattgebietes auftretenden Wälle des Rotach-Lo-bus zwischen Oberschwenden und Bromatsreute gehören zur Wallgruppe, die auf Blatt Weiler von TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER (1976, S. 22) der Inneren Jugendmoräne zugerechnet wurde. Nach M. SCHMIDT (1911, Karte) wären diese Moränenwälle jedoch bereits der Gruppe der Äußeren Jugendmoräne, nach O. KELLER & E. KRAYSS (1980) dem Stand Stein am Rhein, zuzustellen.

Eine für das Moränengebiet des Lindauer Raumes sehr charakteristische Besonderheit bilden die im Blattgebiet fächerförmig angeordneten Drumlins. Sie gehören zu einem großen Drumlinfeld, das sich zwischen dem Schussenbecken im Westen und dem Leiblachbecken im Osten von knapp nördlich des Bodensees bis etwa auf die Höhe von Ravensburg erstreckt.

Mit den Drumlins in diesem Feld befaßten sich unter anderem L. ARM-BRUSTER (1949, S. 97 ff.), E. GRÜNVOGEL (1953, 1954), F. KINKLEIN (1907, S. 58 ff.), M. MÜNST (1955, S. 9 ff.), W. SCHMIDLE (1932), M. SCHMIDT (1913, S. 8 ff.), M. SCHMIDT & M. BRÄUHÄUSER (1913, S. 4 ff.), A. SCHREINER (1976; 1978, S. 12) sowie M. WEINHOLD (1973).

Die Drumlins zeigen im Blattgebiet eine Anordnung und Ausbildung, wie sie auch aus anderen Drumlinfeldern beschrieben wurden (z. B. E. EBERS, 1926, 1937, 1977; R. HANTKE, 1978, S. 75 ff.; H. JERZ, 1969, S. 53 ff.; 1974, S. 69 ff.; W. SCHMIDLE, 1914, S. 93 ff.; K. SCHWERD, im Druck; G. SERET, 1979; C. TROLL, 1924, 1925). Sie haben im allgemeinen einen ovalen oder länglich elliptischen, selten rundlicheren Grundriß, dessen Längsachse in Hauptrichtung der Eisbewegung angeordnet ist. Etwas abweichende Grundrisse zeigen der Drumlin westlich von Oberreitnau, der möglicherweise eine Zwillingbildung im Sinne von E. EBERS (1926, S. 61 ff.) darstellt, sowie der Rengols-Berg nördlich von Schonau. Manche Formen können auch als „Drumlinoide“ im Sinne von E. EBERS (1937, S. 232) gedeutet werden. Die Länge der Drumlins beträgt zwischen wenigen Zehnermetern und über 800 m, die Breite zwischen wenigen Zehnermetern und über 300 m. Im Längsschnitt zeigen sie asymmetrische, oft einem Walfischrücken ähnliche, konvexe Formen, deren höchster Punkt im allgemeinen näher dem proximalen, der Richtung der Eisbewegung entgegenstehenden Ende liegt. Die Luvseite ist demnach meist steiler als die Leeseite. Zudem ist die Proximalseite (Stoßseite) oft breiter als das distale Ende der Drumlins, deren Höhe bis über 30 m erreicht. Sie zeigen somit Stromlinienkörpern ähnliche Formen, die auf Entstehung unter darüber hinwegfließendem Eis weisen. Die Kammlinie mancher Drumlins ist manchmal etwas gekrümmt.

Ein weiteres, charakteristisches Kennzeichen der Mehrzahl der nach Nordwest bis Nordost gerichteten Drumlins auf Blatt Lindau und darüber hinaus ist der gegenüber der Westseite steilere Böschungswinkel der Ostseite. Ähnliches wurde auch in anderen Drumlinge-bieten beobachtet (E. EBERS, 1926, S. 59 ff.; W. SCHMIDLE, 1932, S. 364; K. SCHWERD, im Druck).

Wie dies A. SCHREINER (1976; 1978, S. 12) für den Bereich des Blattes Tettwang und G. SERET (1979) allgemein beschrieben, dürfte auch die Mehrzahl der Drumlins auf Blatt Lindau aus Grundmoräne mit eingelagerten Schmelzwasserablagerungen aufgebaut sein (vgl. auch L. ARMBRU-

STER, 1951, S. 120; F. KINKLEIN, 1907, S. 59; M. SCHMIDT, 1911, S. 15). Die beim Bau der Autobahn A 96 von Lindau-Stockach bis nördlich Lampertsweiler angeschnittenen Drumlins sprechen gegen eine Deutung als vor dem Eisrand aufgeschüttete und geformte Schmelzwassersedimente von R. GERMAN (z. B. 1970; 1975, S. 156; 1977, S. 11 ff.). Im Kern mancher Drumlins können allerdings vom darüberfließenden Eis drumlinisierte und teils von Moräne überdeckt Schmelzwasserbildungen auftreten, wie dies auch in anderen Gebieten beobachtet wurde (vgl. E. EBERS, 1926, S. 66; 1977, S. 129; H. JERZ, 1969, S. 54; 1974, S. 70; A. SCHREINER, 1976, S. 114 ff.; M. G. G. DE JONG et al., 1982).

Eine deutliche Gesetzmäßigkeit der Verteilung der Drumlinformen ist auf Blatt Lindau schwer zu erkennen. Gegen das Leiblachbecken scheinen aber, etwas undeutlich, Größe und Dichte abzunehmen. Ganz unverkennbar ist jedoch die wechselständige Anordnung der Drumlins und ihre fächerartige Verbreitung, wie sie z. B. bereits A. PENCK & E. BRÜCKNER (1909, Abb. neben S. 396), W. SCHMIDLE (1932, Fig. 5, 8) und A. SCHREINER (1978, Beil. 1) abbildeten. Das Lindauer Drumlinfeld liegt auf insgesamt ansteigendem Gelände in südlicher Verlängerung des den Schussenlobus vom Argen-Leiblach-Lobus des Rheingletschers trennenden und eisstauend wirkenden Waldburg-Spornes (vgl. R. GERMAN, 1959, Abb. 1; A. PENCK & E. BRÜCKNER, 1909, Abb. neben S. 396; W. SCHMIDLE, 1932, Fig. 8). Die aufgefächerte Anordnung der Drumlins zeichnet das Auseinanderweichen der Eismassen in Hauptteilströme durch den Waldburg-Sporn beim Vordringen des Rheingletschers aus seinem Stammbecken nach. Das Lindauer Drumlinfeld tritt somit in einer Position vor einem Gletscherzweigbecken trennenden Riedel auf, wie sie von E. EBERS (1937, S. 225), R. GERMAN (1959, S. 26) und C. TROLL (1924, 1925) auch für andere Drumlinvorkommen beschrieben wurde.

Die Entstehung der Drumlins wird nach E. EBERS (1937, S. 218 ff.; 1977, S. 127 ff.), R. HANTKE (1978, S. 76), H. JERZ (1969, S. 55; 1974, S. 70) und C. TROLL (1924, S. 89) als subglazial unter dem vorstoßenden würmeiszeitlichen Rheingletscher in Bereichen abnehmender Eismächtigkeit gedeutet. Manche der Drumlins mögen dabei bereits vorwürmeiszeitlich angelegt und durch den Jungendgletscher überformt worden sein (z. B. Zwillinge mit verschmolzenem Proximalteil aber divergierenden Distalanteilen). L. ARMBRUSTER (1951, S. 118 ff.), A. PENCK & E. BRÜCKNER (1909, S. 251), M. MÜNST (1955, S. 9 ff.), W. SCHMIDLE (1932, S. 373 ff.) und M. SCHMIDT (1913, S. 10) nahmen eine Drumlinentstehung aus durchwegs vorher abgelagerter Moräne an. Nach G. SERET (1979) entstehen Drumlins durch Anhäufung von Moränenmaterial im Bereich von Sattelstrukturen, die sich in nahe dem Gefrierpunkt befindlichem Eis an der Gletscherbasis in Bereichen lateraler Einengung bilden. Nach M. G. G. DE JONG et al. (1982) könne sowohl subglaziale Akkumulationen wie Erosion zur Drumlinentstehung führen.

Spätglazial

Die auf bayerischem Gebiet eingetragenen spätwürmglazialen Schotter und Sande stellen eisrandnahe Bildungen bzw. Eisrandterrassen des rückschmelzenden Argen-Leiblach-Lobus des Rheingletschers dar.

Die im Blattgebiet ältesten spätwürmglazialen Schotter und Sande treten bei rund 725 m (nach bayerischer Karte bei rund 735 m) südlich des Rickenbach-Tobels nahe dem östlichen Blattrand auf und sind nur geringmächtig. Sie gehören zu einem Stand des Argen-Leiblach-Lobus zwi-

schen der Inneren Jungendmoräne und dem Konstanzer Stadium und stehen mit den von TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER 61976, S. 25, Karte) dargestellten Terrassenresten bei Rickenbach auf Blatt 8425 Weiler in Verbindung.

Nächst jüngere Bildung sind die bis über 10 m mächtigen Schotter und Sande von Oberreitnau. Sie entstanden nach M. SCHMIDT (1911, S. 17) und M.- SCHMIDT & M. BRÄUHÄUSER (1913, S. 30) vor dem selben Eisrand, vor dem die mittleren Argenterrassen im Gebiet südlich von Tettngang geschüttet wurden. Letzere gehört nach A. SCHREINER (1978, S. 18) zu einem jüngeren Teil des Konstanzer Stadiums. Nach M. SCHMIDT (1911, Karte) sind auch Moränenwälle südlich und nördlich von Thumen, östlich Schlachters, zum selben Gletscherstand zu stellen. M. MÜNST (1955, S. 26) hingegen korrelierte die Schotter und Sande von Oberreitnau mit der oberen Argenterrasse.

Nur wenig jünger und somit wohl ebenfalls noch Rückzugsständen des Konstanzer Stadiums entsprechend sind die spätwürmglazialen, bis einige Meter mächtigen Schotter und Sande von Sigmarzell und rund 350 m nordöstlich von Dornach.

Jüngste, ebenfalls als spätwürmglaziale Eisrandbildungen zu deutenden Schotter und Sande des bayerischen Blattanteiles treten besonders im Stadtgebiet von Lindau, außer bei Stockach nordöstlich von Rickenbach und südlich Heimesreutin, vor allem zwischen Reutin und Klosterhof sowie knapp westlich Blatt Bregenz bei Hoyren, westlich des Hoyerberges (Enzisweiler) und bei Schachen auf.

Die Schotter und Sande zwischen Reutin und Klosterhof sind in mehrere Terrassenniveaus gegliedert, die den Eisrückzug einer in das Tal der Lindauer Ach hineinreichende Eiszunge widerspiegeln (vgl. M. MÜNST, 1955, S. 23; J. H. ZIEGLER, 1978, S. 79 ff.). Das Höchste dieses Terrassenniveaus ist deutlicher nur westlich des Motzacher Tobel-Baches zwischen Oberreutin und Motzach ausgebildet. Es entspricht dem Terrassenniveau „Riggersweiler Weg“ von J. H. ZIEGLER (1978), der mit dieser Terrasse das eisrandparallele Entwässerungstal („Grund-Tal“) etwa 750 m nordwestlich von Rickenbach korrelierte. Vermutlich dämmte der zugehörige Eisrand auch einen kleinen Stausee im Nordteil der heute mit holozänen Sedimenten verfüllten Senke südlich des Schloßes Schönbühl ab. Zu diesem Eisrand könnten außerdem noch die Schotter bei Enzisweiler westlich des Hoyerberges gehören. Die nächst jüngere Terrassenstufe beginnt im Wannental bei ca. 422 m NN in Moräne als Erosionsterrasse und wurde von J. H. ZIEGLER (1978) als Stufe von Reutin bezeichnet. Ab Steig setzt sie sich über Rothenmoos als Akkumulationsterrasse bis zum Friedhof Klosterhof an den Südwestrand der zu dieser Zeit von einem Eisrandstausee oder zum Teil vielleicht von Toteis erfüllt gewesenen Senke südlich Schloß Schönbühl fort. Dabei sinkt die Terrassenkante auf 415–417 m NN ab. Entgegen M. MÜNST (1955, S. 23) gehört auch die Verebnung bei der Abzweigung Rennerle zu diesem Niveau. Die Terrasse von Hoyren (knapp westlich Blatt 82 Bregenz) ist wohl ebenfalls noch zu diesem Gletscherstand zu stellen (vgl. M. MÜNST, 1955, S. 23). Der Eisrand, der zu dieser Terrassenstufe gehörte, schuf wohl auch den Moränenwall südlich der Kirchen von Aeschach sowie die darangrenzenden Schotter und Sande und bog nach M. SCHMIDT (1911, Karte) und J. H. ZIEGLER (1978, S. 79) etwa bei Wasserburg in das heutige Bodenseebeken ab.

Die Terrassenkante der nächst tieferen Eisrand-Akkumulationsterrasse setzt deutlich südlich der Kirche von Reutin bei knapp über 410 m NN ein und ist, leicht absinkend, bis in den südlichen Teil von Rothenmoos verfolgbar. Dieses Terrassenniveau, das der Stufe Rothenmoosstraße von J. H. ZIEGLER (1978) in etwa entspricht, ist dann noch einmal am Westrand des Friedhofs Klosterhof ca. 1 km südwestlich von Schloß Schönbüchel zu erkennen. Ihm entspricht möglicherweise das Schotter- und Sandvorkommen von Schachen sowie das etwa 500 m östlich von Rickenbach.

Die jüngste spätwürmglaziale Terrasse des Bayerischen Blattgebietes beginnt mit Schottern und Sanden in Stockach knapp über 410 m NN. Nach langer Unterbrechung setzt sie dann südlich Oberreutin erneut ein und ist mit Unterbrechungen auf rund 405 m NN absinkend, bis über die Ludwig-Kick-Straße an den Südrand des Friedhofs Klosterhof zu verfolgen. Zumindest im Westteil entspricht diese Terrassenstufe der Stufe Albert-Schweizer-Straße von J. H. ZIEGLER (1978).

Die beiden untersten, in die österreichische Karte westlich der Leiblach zwischen Stockach und Unterhochsteg eingetragenen Terrassenkanten bei rund 403 m NN und 298–299 m NN, bei J. H. ZIEGLER (1978) als Eisrandterrasse gedeutet, stellen wohl Erosionskanten ehemaliger Seespiegelhöhen des Bodensees nach Rückzug des Rheingletschers aus dem Vorland dar. Dafür sprechen zunächst mehrfache Holzfunde in vom Straßenneubauamt Kempten und Stadtbauamt Lindach freundlicherweise zur Verfügung gestellte, auf diesen Terrassen niedergebrachten Bohrungen. Die bis zu mehreren Dezimetern großen Holzbrocken begrenzen das Alter der Sedimente, in die die Terrassenkanten eingeschnitten sind, nach den Angaben von R. HANTKE (1978, S. 166 ff.) über die Florenzentwicklung seit dem Hochwürm auf höchstens etwa die Zeit des Bölling-Interstadiales, vor dem der Rheingletscher nach R. HANTKE (1978, S. 166, 371, 378 ff.) nach raschem Eisabbau bereits bis tief in die Alpentäler zurückgewichen war. Weiter werden die beiden zur Diskussion stehenden Terrassen sowohl in Richtung parallel zum heutigen Seeufer wie auch seewärts gleichmäßig von feinkörnigen, an Gas und organischem Material (z. T. Holz) reichen Seeablagerungen unterlagert, was ebenfalls gegen Eisrandbildungen spricht.

Zudem zeichnen sich auch im westlichen Bodenseegebiet bei rund 403 m und 398 m NN Strandterrassen ab (A. SCHREINER, 1978, S. 21; R. HANTKE, 1980, S. 55). Das Alter der 403 m-Terrasse läßt sich folgendermaßen weiter einengen:

In der Bohrung „Baggersee“ im Argendelta traten nach J. WERNER (1972, S. 202) Hölzer auf, deren Alter von GEYH nach der ¹⁴C-Methode mit etwa 8550 Jahren vor 1950 bestimmt wurde. Die Bohrung stand in einem Erosionstal innerhalb des Argendeltas.

Die Höhe der ehemaligen Deltaoberfläche lag, wie die Höhe der Erosionsterrassenstufe knapp östlich des Bohrpunktes anzeigt, ursprünglich etwa 2 m über dem bei rund 399–400 m NN gelegenen Bohrpunkt. Das Holz wurde somit an der Front des während des Boreals bis in den Bereich des Bohrpunktes vorgebauten Deltas, bei Annahme etwa gleicher Höhe von frontaler Deltaoberfläche und Seespiegel, bei einem Seespiegelstand von 401–402 m NN sedimentiert.

Im Boreal lag der Seespiegel also noch bei 401–402 m NN. Andererseits war der Spiegel des entstehenden Bodensees bereits vor dem Konstanzer Stadium bei Eisfreiwerden des Ostspornes des südlich Radolfzell liegenden Schienesberges nach A. SCHREINER (1970, S. 143 ff.) auf

410–405 m, nach R. HANTKE (1980, S. 55) auf 407 m gesunken. In Nonnenhorn am Bodensee treten auf einer bei ca. 405 m NN liegenden, bereits von J. WERNER (1973, S. 2) noch zum Spätglazial gestellten Terrassenfläche Moore auf, die sich nach pollenanalytischer Untersuchung durch FRENZEL (freundliche mündliche Mitteilung) im Alleröd-Interstadial zu bilden begannen. Der zu dieser Zeit insgesamt eisfreie Bodensee – nach R. HANTKE (1978, S. 166, 371) hatte sich das Eis bereits vor dem Bölling-Interstadial bis tief in die Alpentäler zurückgezogen – war daher zur Zeit des Alleröd unter 405 m NN abgesunken.

Bereits im jüngeren Spätglazial lag die Seespiegelhöhe somit schon unter 405 m Höhe, im Boreal aber noch nicht tiefer als 401–402 m. Die 403 m-Stufe in Lindau dürfte somit im ausgehenden Spätglazial oder eher im frühen Postglazial entstanden sein. Auch nach J. WERNER (1973, S. 2) fällt wohl die Grenze Spät-/Postglazial zwischen den 405 m- und 398 m-Stand des Bodensees. Mesolithische Steinbeile auf der Strandlinie letztgenannten Standes zeigen nach W. SCHMIDLE (1941/42, S. 112) und R. HANTKE (1980, S. 55) ein Mindestalter von 7000 Jahren für diese Strandbildung. Weitere postglaziale Seespiegelstände sind aus R. HANTKE (1980, S. 55 ff.) zu entnehmen.

Zu Beginn des Holozäns lag der Bodenseespiegel nach vorangehenden Angaben vermutlich also zwischen 405 und 403 m NN. Der vielfach in älterer Literatur für die Zeit des Lindauer Eisstandes und auch noch nach völligem Eisrückzug aus dem Bodenseebecken angegebene Bodensee Spiegel von 410 m NN (z. B. M. SCHMIDT, 1911, S. 18; 1913, S. 20 ff.; W. SCHMIDLE, 1914, S. 60; 1941/42, S. 110; M. BRÄUHÄUSER, 1976, S. 47) ist zu hoch (vgl. A. SCHREINER, 1978, S. 21).

Die Lindauer Eisrandterrassen setzen sich petrographisch aus einem raschen Wechsel von gutgeschichteten, wechselnd sandig-schluffigen Kiesen, kiesig-schluffigen Sanden, schluffigen Sanden, sandigen Schluffen sowie reineren Kies-, Sand- und Schlufflagen und -linsen zusammen. In dieses kreuzgeschichtete, oft nur schlecht sortierte Material sind unregelmäßig Geschiebemergelfetzen eingelagert, die auf Sedimentation in direkter Eisrandnähe schließen lassen. Die Sedimente der Lindauer Eisrandterrassen waren zur Zeit der Geländeaufnahmen bis zu 4–5 m mächtig aufgeschlossen. Stellenweise scheinen sie jedoch nur 1–2 m mächtig über Moräne anzustehen, wobei letztere an den Terrassenböschungen zutage treten kann. An Schwermineralen (Korngröße 100–250 μ) treten vor allem 63–80% Granat, 6–16% Staurolith, rund 7% Epidot und Zoisit sowie 4–10% Hornblende neben geringen Anteilen ($\pm 1\%$) an Disthen, Apatit und Rutil auf.

Bei Leonhards im Leiblachtal wurden Reste einer Terrasse gefunden, die durch Höhenlage (420 m), reiche Kristallinführung und schlecht Sortierung als spätglazial erkannt wurde.

Im Stadtgebiet von Bregenz erreicht der nördlichste Teil der Ölrainterrasse noch das Gebiet des Kartenblattes. Sie liegt auf etwa 425 m und wurde zuerst von J. BLUMRICH (1921, S. 16) als Deltaschüttung der Bregenzer Ach und kleiner Bäche des westlichen Pfänders gegen den Riederstein und einen ihn umfließenden Rest des Rheingletschers gedeutet. Eine Geröllanalyse ergab neben den dominierenden Karbonaten 7,7% Kristallin (Quarzit, Gneis, Amphibolit), 1,4% Quarz und 5,6% infolge Verwitterung unbestimmbarer Gerölle, wohl auch Kristallin. Dieser Teil des Geröllspektrums wurde, zumindest zum größten Teil, aus der Moräne des

Rheingletschers umgelagert. Die Mächtigkeit beträgt nach J. BLUMRICH (1921, S. 14) etwa 30 m.

Südlich und östlich von Bösenreutin, südöstlich Witzigmann, südwestlich von Rehlings und knapp nördlich der Goldschmidsmühle treten Sedimente auf, die in sicher nur kurzfristig bestehenden Seen am Eisrand bzw. hinter Moränenwällen abgelagert wurden. Die Staubeckensedimente bei Bösenreutin und Witzigmann sind bereits bei M. MÜNST (1955, Skizze 1) eingetragen. Sie setzen sich aus gut geschichteten Schluffen in raschem Wechsel mit z. T. kiesigen Sanden zusammen und erreichen Mächtigkeiten von wohl über 3 m. Bei der Goldschmidsmühle treten feingeschichtete Tone, Schluffe und Sande auf.

Bei Rehlings handelt es sich um mehrere Meter mächtige, ebenfalls gut geschichtete Tone und Schluffe mit Sanden und Schottern. Im Südteil ist das Material insgesamt gröberklastisch als im Nordteil.

Auch das Moor an der nördlichen Blattgrenze knapp nördlich von Lamertsweiler entstand über vermutlich spätwürmglazial abgelagerten Seetonen und -schluffen. Das gleiche läßt sich für das Moor ca. 400 m südwestlich von Schlachters vermuten. Möglicherweise lagern auch die Holozänsedimente in der Senke südlich von Schloß Schönbüchel über spätwürmeiszeitlichen Staubeckensedimenten.

Postglazial

Das Gebiet zwischen dem Westabfall des Pfänders und der Leiblach wird größtenteils von Schuttfächern bedeckt. Diese Fächer entstanden nach dem Abschmelzen des Eises, als die Bäche des Pfändergebietes ihre von Moränen plombierten Täler ausräumten.

Bei den Baurbeiten für die Autobahn wurde östlich Leiblach der Fächer des Ruggbaches angeschnitten. Dabei wurde eine Wechsellagerung von teilweise sehr feinem Silt und Schotter aufgeschlossen. Eine Geröllanalyse ergab fast 80% Karbonate, aber noch 10,9% Kristallin, (Quarzit, Amphibolit, Gneis). Das größte gemessene Geröll hatte eine Längsachse von 7,4 cm. Der Silt enthielt Gastropodenreste, die von F. STOJASPAL als *Valtonia costata* (O. F. MÜLLER), *Vallonia pulchella* (O. F. MÜLLER), *Eucobresia nivalis* DUMONT & MORTILLET und Limacidae indet. bestimmt wurden. Laut freundlicher mündlicher Mitteilung von F. STOJASPAL handelt es sich durchwegs um eurytherme Taxa, die keine Anhaltspunkte über spätglaziale oder postglaziale Bildung der Fächer geben. Geophysikalische Messungen ergaben nach K. BADER (1980, S. 4) eine Verzahnung des Ruggbach-Schuttfächers mit postglazialen Seeton.

Ab Leonhards treten am linken Ufer der Leiblach holozäne Schotterterrassen auf und überdecken die bis dahin an den Ufern aufgeschlossene Obere Süßwassermolasse.

Noch jünger sind die Sande, die sich an den Gleithängen der Leiblachschlingen von Gmünd bis Diezlings kaum 1 m über dem heutigen Wasserspiegel abgelagert haben.

Die Füllung des nach Ende der Vereisung weit in das Rheintal reichenden Bodensees besteht auf Blatt 82 Bregenz hauptsächlich aus Schottern. Die Aufschüttung erfolgte in diesem Bereich erst im Mittelalter, da sich der Hafen des römischen Brigantium am „Leutbüchel“ am Rande der Ölrainterrasse befand (O. AMANN, 1981, S. 303). Das Material wurde von der Bregenzer Ache geliefert, die zu dieser Zeit das Moränenmaterial des Rheingletschers schon weitgehend aus ihrem Tal entfernt hatte. Demge-

mäß ist der Anteil an Kristallingeröllen sehr niedrig; unter den Geröllen aus einer Baugrube in Bregenz-Schendingen, etwas südlich der Blattgrenze, fanden sich nur 2,7% Kristallinkomponenten (Quarzit, Gneis, Amphibolit).

P. STARCK (1971, S. 452) gibt nach Auswertung zahlreicher Bohrungen an, daß der gesamte Schwemmkegel aus 62% Kies, 14% Sand, 9% lehmigem Feinsand, 11% Lehm und Ton und 4% Torf besteht; im Bereich Hard-Vorkloster ist er 40 m mächtig und liegt Seeablagerungen auf (P. STARCK, 1971, S. 448).

Die zwischen Seeablagerungen eingeschalteten Schotter und Sande zwischen Reutin, Rickenbach, Stockach und Unterhochsteg reichen unter Seesedimenten nach Westen einer Reihe von Bohrungen nach noch bis etwa auf die Höhe des Strandbades Reutin (in dieser Verbreitung werden sie in der bayerischen Karte dargestellt). Diese Schotter und Sande stellen Wechsellagerungen von sandigen, teils schluffigen Kiesen, meist kiesigen, manchmal schluffigen Sanden und seltener sandig-kiesigen Schluffen dar. Die Gesteinsfarben sind grau, graubraun, gelblichbraun und braun. Die Mächtigkeit schwankt sehr unregelmäßig zwischen 2 und über 20 m, wobei sie zur Leiblach zu im großen und ganzen zuzunehmen scheint.

Die Eintragung dieser Schotter und Sande in die Karte konnte nur ungefähr erfolgen, da sie (auf bayerischem Gebiet) nirgends zutage anstehend gefunden wurden und die ausgewerteten Bohrungen nur sehr ungleichmäßig über die Fläche verteilt sind. Besonders zwischen Rickenbach und etwa der Kläranlage sowie im Streifen zwischen Seeufer und Eisenbahn, zwischen etwa dem Strandbad und der Leiblachmündung ist die Verbreitung dieser Schichten nur vermutet.

Die Schotter und Sande zwischen Reutin und der Leiblach werden als Sedimente gedeutet, die Leiblach und Bösenreutiner Tobelbach, teils deltaförmig, teils als Füllungen von in die Seeablagerungen einerodierten Rinnen, teils wohl auch unregelmäßig in den frühpostglazialen oder vielleicht auch noch würmspätglazialen Bodensee schütteten. Durch den zurückweichenden See wurden diese Ablagerungen anschließend terrasiert.

Im Bereich der Grundmoräne haben sich einige kleine Moore entwickelt, deren größtes unter der Bezeichnung „Stadelmoos“ bei H. SCHREIBER (1910, S. 10) als „Riedmoos“ erwähnt wird; darunter verstand der Autor Moore, in deren Torf Sphagnum zwar auftritt, jedoch nicht überwiegt. Zur Zeit seiner Besichtigung überwog im Pflanzenbestand Blaugras, Sumpfschachtelhalm, Alpenwollgras und Weißbinse; eine 1979 durchgeführte Aufsammlung häufiger Pflanzen enthielt nach I. DRAXLER (Geologische Bundesanstalt Wien) Heidekraut, Rauschbeere, Schachtelhalm, Mädesüß, Binse und Torfmoos. Teile des Moores waren mit Fichten- und Birkenhorsten bestanden. Die kleineren Moore enthielten die gleichen Pflanzen.

Bedingt durch die Steilheit der Hänge bilden Rollstücke meist nur einen dünnen Schleier. Mächtigere Körper, deren Ausscheidungen als Hangschutt sinnvoll erschien, treten nur selten auf, wie am Hang östlich des Sägebaches im österreichischen und bei Oberstein im bayerischen Blattanteil.

Daneben wurden am Pfänderwesthang Gruppen von m³-großen Nagelfluhblöcken gesondert als Blockschutt eingetragen.

Der Bachschutt setzt sich im allgemeinen aus bis zu mehreren Metern

mächtigen, unterschiedlich sortierten Kiesen und Sanden zusammen, die miteinander oft in raschem Wechsel stehen. Im Tal der Ach in Lindau-Aeschach konnten in einzelnen Aufschlüssen und Bohrungen Wechsellaagerungen und Verzahnungen von Bachschutt und Seeablagerungen festgestellt werden.

Auensedimente in Form von Sanden und Schluffen, oft im Wechsel mit humosen Lagen, vereinzelt Torlagen und mit Pflanzenresten, entstanden vor allem im Leiblach-Tal und auch Ach-Tal durch Überflutung meist gröberklastischer, fluviatiler Sedimente. Die Mächtigkeit der Auensedimente beträgt, soweit beobachtbar, bis über 2 m.

An den Hängen fast aller tiefer eingeschnittener Bach- und Flußtäler sowie stellenweise an steileren Hängen ereignen sich bis heute besonders während und kurz nach der Schneeschmelze oder länger andauernder Regenperioden kleinere und größere Hangrutschungen. Die größten, in die Karte auf bayerischem Blattanteil eingetragenen Hangrutschmassen finden sich an den Hängen des Rickenbach-Tales südlich Emsgritt und Kinberg sowie im östlichen Blattgebiet in den Gehängen östlich Dietsmühle und westlich Unterschwenden. Ihr Material setzt sich vorwiegend aus unsortierten Gesteinen aus Molasse und Moräne zusammen, also aus Sanden und Schluffen mit eingelagerten Geröllen sowie Sandstein- und Nagelfluhbrocken.

Im österreichischen Anteil treten Rutschungen am Rücken und am Westhang des Pfänderstocks auf. Sie sind gebunden an das Auftreten von Moräne und/oder Oberer Süßwassermolasse. Bedingt durch das Nordfallen der Oberen Süßwassermolasse fließen die wenig konsolidierten Schluffe und Mergel vor allem am Westabfall des Pfänders aus, die Nagelfluhen werden mitgerissen oder brechen nach. Dagegen sind die an festen Sandsteinen reichen Schichten der Oberen Meeresmolasse frei von Rutschungen.

3. Tektonik

Nach W. FUCHS (1976, S. 214) gehört der Pfänderstock der Gestörten Äußeren Molasse an, die durch postsarmatische Bewegungen aufgerichtet wurde. Seiner Meinung nach haben diese Bewegungen mit den viel älteren tektonischen Verstellungen des von ihm als Innere Molasse bezeichneten Hauptteiles der sogenannten „Subalpinen Molasse“ nichts zu tun. Dieser Auffassung schließt sich auch der österreichische Autor an; der bayerische Autor wird seine abweichende Meinung in den Erläuterungen zu Blatt Lindau darlegen.

Es herrscht durchgehend Nord- bis Nordwestfallen, die Fallwerte nehmen von 20° im Süden auf etwa 5° im Norden ab. Die Fallrichtung dreht von durchschnittlich 350° bei Bregenz auf durchschnittlich 320° bei Langen. Querstörungen, wie sie von TH. VOLLMAYR & J. H. ZIEGLER (1976, S. 15) vermutet wurden, konnten nirgends aufgefunden werden; in allen Bächen wurde das Durchstreichen von Nagelfluh- und Sandsteinbänken beobachtet. Es wäre jedoch zu vermuten, daß nord-süd-fließende Bäche bevorzugt solche Störungen benützen würden. U. P. BÜCHI (1950, S. 94) konnte im benachbarten Schweizer Gebiet nur kleine Brüche mit maximal 20 cm Sprunghöhe beobachten.

Eine lang umstrittene Frage war die der Entstehung des Bodensees. A. ROTHPLETZ (1900, S. 35) und A. LUDWIG (1917, S. 19) nahmen eine Auf-

wölbung parallel der Alpenachse im Norden des Sees an. J. BLUMRICH (1921, S. 9) meinte in Klüften, die er in den „Luzerner Schichten“ des Riedersteins (Blatt Dornbirn-Nord) beobachtete, den Beweis für eine Einsenkung des Bodensees an großen Brüchen festzustellen. Dagegen findet A. SCHREINER (1975, S. 68) keine Anzeichen einer tektonischen Anlage des Oberseebeckens. Es ist nur indirekt tektonisch durch die Ableitung des Rheins nach Westen, zum stark absinkenden Oberrheingraben gebildet; seine Ausformung verdankt es dem fluviatil-erosiven Rinnen folgenden Rheingletscher (A. SCHREINER, 1975, S. 73). Auch der eindrucksvolle Westabbruch des Pfänderstockes kann nicht einer Störung zugeschrieben werden; das völlige Fehlen von Nagelfluhbänken im Leiblachprofil weist deutlich auf materialbedingt differentielle Ausräumung.

4. Nutzbare Gesteine

Braunkohle

Sowohl die Obere Meeresmolasse als auch die Obere Süßwassermolasse enthalten zahlreiche Kohleflözchen meist geringer horizontaler wie vertikaler Ausdehnung. Eine ausführliche Darstellung der Kohleindikationen wie der Bergbaugeschichte findet sich bei M. HEINRICH (1980). Das einzige Kohlevorkommen auf Blatt 82 Bregenz, das zeitweise kommerziell abgebaut wurde, ist das Wirtatobelflöz, das als hangendster Teil der „Luzerner Schichten“ die Grenze zu den „St. Galler Schichten“ bildet. Vor allem im Wirtatobel, daneben auch in Langen, wurden von etwa 1800 bis in die Zeit nach dem Ersten Weltkrieg Stollen auf diese Kohle vorgegraben; zuletzt war ein Abbau von 1946–1948 im Gange. Die Förderung war stets gering; A. R. SCHMIDT (1879, S. 376) berichtete, daß die Förderung aus dem Wirtatobel im Jahre 1841 gerade ausreichte, den Bedarf des einzigen, damals den Bodensee befahrenden Dampfschiffes zu decken. Über zukünftige Möglichkeiten der Nutzung dieses Flözes schreibt M. HEINRICH (1980, S. 28 ff.) „Wenn auch in der Literatur eine lokale „Gesamtflözöffnung“ von 1,40 m (W. v. GÜMBEL, 1896) beschrieben wird, so bleiben nach dem erforderlichen Abzug der tauben Zwischenmittel in diesem Fall nur 10 cm reine Kohle, in den besten Fällen 45 bis 66 cm reine Kohle (W. PETRASCHKE, 1924), häufig jedoch nur weniger. Auf Grund der geringen Mächtigkeit wird die Wirtatobelkohle im Sinne eines modernen Bergbaubetriebes (der unter menschenwürdigen Bedingungen geführt wird) auch in Zeiten der Not an Energierohstoffen kaum noch Bedeutung erlangen. Die oberflächennahen Bereiche des Flözes sind ausgekohlt, so daß auch ein primitiver Abbau für lokalste Eigenversorgung in Notzeiten nicht in Frage kommt.“ Vermutlich das bedeutendste Flöz der Oberen Süßwassermolasse befindet sich an der Lokalität Juggen. A. R. SCHMIDT (1879, S. 377) berichtet von einem schon damals verfallenen Stollen; er schreibt: „Daneben befindet sich ein verfallener Stollen, mit welchem vor vielen Jahren ein 48 cm mächtiges Flöz in Bau gestanden sein soll.“ M. HEINRICH (1980, S. 36) schreibt sicherlich zu Recht über die Kohlebildungen der Oberen Süßwassermolasse: „... andererseits dürfte doch der Materialzustrom von den aufsteigenden Alpen im Süden besonders hier im Zentrum des Pfänderfächers zu groß und wechselhaft gewesen sein, als daß sich aus den vorhandenen Ansätzen ausgedehntere und mächtigere Moore entwickeln konnten.“

Torf

H. SCHREIBER (1910, S. 10) erwähnt zwei Torfstiche in den Mooren im Gemeindegebiet von Möggers; die geringe Ausdehnung dieser Moore läßt vermuten, daß die Torfgewinnung (über die keine Angaben vorliegt) wenig bedeutend war.

Schotter und Sand

Die Schotter in den Schuttfächern im Leiblachtal sind nur wenige dm mächtig und in Schlufflagen eingebettet. Die (?) subrezentene Sande in den Gleithängen der Leiblachsclingen sind auf Grund zu geringer Kubatur nicht abbauwürdig.

Die einzige, nicht kommerziell genutzte Entnahmestelle klastischer Sedimente befindet sich nordöstlich Möggers, wo im Bereich der Grundmoräne kleinräumig vorhandene fluvioglaziale Sedimente zu Bauzwecken verwendet wurden.

Im bayerischen Anteil des Blattes 82 Bregenz waren zur Zeit der Geländeaufnahme keine bedeutenden nutzbaren Ablagerungen im Abbau. Früher wurde in einer Reihe von heute aufgelassenen Kiesgruben in eiszeitlichen Ablagerungen vor allem in Hoyren, Oberreutin, Motzach sowie im Motzacher Tobel (vgl. F. KINKELIN, 1907) Material gewonnen.

5. Empfehlenswerte Exkursionspunkte

Die Obere Meeresmolasse bietet leicht zugängliche, instruktive Aufschlüsse dort, wo die Straße Bregenz–Langen den Wirtatobel quert. Von Bregenz kommend beginnt das Profil etwas südlich des Blattrandes bei der scharfen Linkskurve beim Haus Fluh 33. Hier sind die höchsten Partien der Zone der Glaukonitischen Sandsteine aufgeschlossen. Die Straße führt weiter durch die deutlich zweigeteilte Kanzelfelsennagelfluh, dann einen aus geröllfreien Sandsteinen bestehenden Zwischenbereich in die, wiederum zweigeteilte Gebhartsberg-nagelfluh und darüber in den basalen Teil der Zone des Wirtatobelflözes, doch sind die an der Straße aufgeschlossenen Sandsteine noch marin (B. PLÖCHINGER, 1958, S. 316). Die Kohle selbst ist unter besonderen Bedingungen (Hochwässer, Rutschungen) etwa 250 m weiter bachaufwärts in der Böschung des Sägebachs (= Wirtatobel) zu sehen. Folgt man der Straße über den Sägebach weiter in Richtung Langen, so durchquert man das gleiche Profil wieder ins Liegende und hat beim Straßentunnel, nach dem die Aufschlüsse aufhören, wieder die Zone der Glaukonitischen Sandsteine erreicht.

Ein weiterer interessanter Punkt befindet sich nahe der Straße Langen–Feßlerberg. Wenn man diese Straße bei dem Wegkreuz, das auf der Karte oberhalb des zweiten „n“ von Langen eingetragen ist, verläßt und nach Osten (Richtung Leckenbachtobel) weitergeht, findet man die Auflagerung über 10 m mächtiger Kanzelfelsennagelfluh auf die Zone der Glaukonitischen Sandsteine. Hier läßt sich unmittelbar beobachten, wie die stärkere Wasserbewegung, die zur Ablagerung der Nagelfluh führte, auch die Bildung von Erosionsrinnen im liegenden Sandstein bewirkte. In diese Rinnen wurden dann auch die größten Gerölle der Nagelfluh sedimentiert.

Die Obere Süßwassermolasse ist in ihrer nagelfluhreichen Fazies wohl am besten in der Schlucht „Höll“ nördlich der Ruggburg aufgeschlossen. Hier können, ohne besondere touristische Schwierigkeiten, al-

le Sedimenttypen von der Nagelfluh bis zum Schluff mit Kohlennestern und ihre Verzahnung beobachtet werden. Ebenfalls interessant, jedoch keinesfalls für Halbschuh-touristen zu empfehlen ist das Profil des Kesselbaches unterhalb der Straße Wirtatobel–Jungholz, wo die den Nagelfluhbänken zwischengelagerten Schluffe besonders fossilreich sind. Die Aufschlüsse am obersten Rickenbach lassen sich gut von der Ortschaft Rickenbach (östlich des Blattrandes) aus erreichen.

Einen auffallenden Gegensatz dazu bilden die Profile im nagelfluhfreen Bereich der Oberen Süßwassermolasse westlich des Pfänderfächers, wie sie im Tobel nördlich Sigmarszell und an der Leiblach vom nördlichen Blattrand bis zur Brücke nordwestlich Leonhards aufgeschlossen sind. Das Leiblachprofil kann jedoch nur bei extremer Trockenheit, wie sie etwa im Sommer 1976 herrschte, und auch dann nur mit Gummistiefeln begangen werden. Außerdem empfiehlt es sich, da die Leiblach die Staatsgrenze bildet, sich vor einer Begehung mit dem Zollamt Hohenweiler–Niederstaufer in Verbindung zu setzen.

Quartärgeologisch Interessierten ist natürlich besonders der Bösenreutiner Tobel zu empfehlen, der im Kap. 2.2. ausführlich beschrieben und auf Abb. 2 dargestellt ist. Besonders typische Drumlins finden sich im Raum Rehling–Weißenberg–Wildberg–Lampertsweiler sowie zwischen Hoyren und Oberreitnau. Die spätglaziale Terrassenfolge von Lindau ist bei J. H. ZIEGLER (1978) ausführlich beschrieben.

Literatur

- AMANN, O.: Die jüngsten Ausgrabungen des Vorarlberger Landesmuseums am Senn- und Steinbühel in Bregenz. – Montfort, **33**, 4, 303–307, Dornbirn 1981.
- ARMBRUSTER, L.: Lindauer Oberschwäbisch-Westallgäuer Geologie und Landschaftsgeschichte. – 118 S., Lindau (Rathausbuchhdlg.) 1949.
- ARMBRUSTER, L.: Landschaftsgeschichte von Bodensee und Hegau. – 224, S., Lindau (Biene) 1951.
- BADER, K.: Bericht über seismische und geoelektrische Messungen über größeren Quartärorkommen auf Blatt Nr. 8424 Lindau (österreich. Anteil). – Unveröff. Bericht, 4 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1980.
- BLUMRICH, J.: Geologie des Riedersteins und Oelrains in Bregenz. – Schr. Ver. Gesch. Bodensees Umgeb., **49**, 5–24, Lindau 1921.
- BLUMRICH, J.: Die miozäne Molasse des Pfänderstockes. – Schr. Ver. Gesch. Bodensees Umgeb., **58**, 81–119, Friedrichshafen 1930.
- BLUMRICH, J.: Molassestudien im Pfändergebiet. – Schr. Ver. Gesch. Bodensees Umgeb., **63**, 251–269, Konstanz 1936.
- BLUMRICH, J.: Die Bregenzer Bucht zur Nacheiszeit. – Verh. Geol. B.-A., **1937**, 187–190, Wien 1937.
- BRAÜHÄUSER, M.: Geologische Karte von Baden Württemberg 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt 8322 Friedrichshafen. – 3. Aufl., 153 S., Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württemberg) 1976.
- BÜCHI, U. P.: Zur Geologie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Toggenburg und Rheintal. – Diss. Univ. Zürich, 100 S., Zürich 1950.
- BÜCHI, U. P.: Zur Stratigraphie der Oberen Süßwassermolasse (OSM) der Ostschweiz. – Ecl. geol. Helv., **52**, 449–460, Basel 1959.
- BÜRGISSER, H. M.: Zur zeitlichen Einordnung der Oberen Süßwassermolasse in der Nordostschweiz. – Vjschr. Natforsch. Ges. Zürich, **126**, 3, 149–164, Zürich 1981.
- EBERS, E.: Das Eberfinger Drumlinfeld. – Geogn. Jh., **39**, 47–86, München 1926.
- EBERS, E.: Zur Entstehung der Drumlins als Stromlinienkörper. Zehn weitere Jahre Drumlinforschung (1926–1936). – N. Jb. Miner. Geol. Paläont. Beil., **78**, Abt. B, 200–240, Stuttgart 1937.

- EBERS, E.: Drumlins, Drumlinoide, Drumlinisierung. – Stud. geol. Polon., **52**, 127–133, Warschau 1977.
- FUCHS, W.: Gedanken zur Tektonogenese der nördlichen Molasse zwischen Rhone und March. – Jb. Geol. B.-A., **119**, 207–249, Wien 1976.
- GEIGER, E.: Der Geröllbestand des Rheingletschergebietes im Raume nördlich von Bodensee und Rhein. – Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württemberg, **11**, 127–172, Freiburg 1969.
- GERMAN, R.: Zur Unterscheidung von Grundmoräne und Schmelzwasser-Sedimenten am Beispiel des württembergischen Allgäus. – N. Jb. Geol. Paläont. Mh., **1970**, 69–76, Stuttgart 1970.
- GERMAN, R.: Oberschwaben im Lichte neuer geologischer Arbeiten. – Schr. Ver. Gesch. Bodensees Umgeb., **93**, 149–157, Friedrichshafen 1975.
- GERMAN, R.: Zum Problem der Entstehung südoberchwäbischer Hügel. – Jh. Ges. Naturkde. Württemberg, **132**, 110–116, Stuttgart 1977.
- GRÜNOGEL, E.: Über die Drumlins des würmeiszeitlichen Rheingletschers östlich der Schussenske. – Geol. Bavar., **19**, 154–163, München 1953.
- GRÜNOGEL, E.: Stromlinien eines würmeiszeitlichen Rheingletscher-Vorstoßes östlich der Schussen. – Jh. Ver. vaterländ. Naturkde. Württemberg, **109**, 35–46, Stuttgart 1954.
- GÜMBEL, W.: Das Vorkommen und der Bergbau tertiärer Pechkohle am Wirtatobel bei Bregenz. – Österr. Z. Berg-Hüttenwesen, **44**, 115–121, Wien 1896.
- HANTKE, R.: Eiszeitalter, Bd. 1. – 468 S., Thun (Ott) 1978.
- HANTKE, R.: Die Geschichte des Alpen-Rheintales in Eiszeit und Nacheiszeit. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver., N. F. **61**, 279–295, Stuttgart 1979.
- HANTKE, R.: Eiszeitalter, Bd. 2. – 703 S., Thun (Ott) 1980.
- HEIM, ALB.: Geologie der Schweiz. Band I: Molasseland und Juragebirge. – 704 S., Leipzig (Tauchnitz) 1919.
- HEIM, ARN., BAUMBERGER, E. & STEHLIN, H. G.: Die subalpine Molasse des westlichen Vorarlberg. – Vjschr. Natforsch. Ges. Zürich, **73**, 1–64, Zürich 1928.
- HEINRICH, M.: Übersicht über die Braunkohlevorkommen Vorarlbergs. – Unveröff. Bericht, 40 S., Wien (Geol. B.-A.) 1980.
- JERZ, H.: Erläuterungen zur geologischen Karte von Bayern 1:25 000, Blatt Nr. 8134 Königshof. – 173 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1969.
- JERZ, H.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8327 Buchenberg. – 181 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1974.
- JONG, M. G. G. de, RAPPOL, M. & RUPKE, J.: Sedimentology and geomorphology of drumlins in western Allgäu, South Germany. – Boreas, **11**, 37–45, Oslo 1982.
- KAUFMANN, F. J.: Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. – Beitr. Geol. K. Schweiz, **11**, 504 S., Bern 1872.
- KELLER O. & KRAYSS E.: Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm-Stein am Rhein). – Ecl. geol. Helv., **73**, 823–838, Basel 1980.
- KINKELIN, F.: Der Boden von Lindau am Bodensee und Umgebung. – Schr. Ver. Gesch. Bodensees Umgeb., **36**, 45–79, Friedrichshafen 1907.
- LUDWIG, A.: Über die Entstehung des Rheintales und des Bodensees. – Jb. St. Gallisch. Natwiss. Ges., **54**, 1914–1916, 1–34, St. Gallen 1917.
- MIKBEL, S. R.: Die Geologie des Pfänders in Vorarlberg/Österreich. – Dipl.-Arb. FU Berlin, 52 S., Berlin 1969.
- MÜNST, M.: Beiträge zur Diluvialgeologie nördlich von Lindau (Bodensee). – 61 S., Weiler/Allgäu (Holzer) 1955.
- MÜNST, M., SCHMIDT, M. & SCHMIDT, A.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreiches Württemberg, Blatt Nr. 180 Tettang. – 90 S., Stuttgart (Königl. Württ. Stat. L.-Amt) 1913.
- OERTLI, J.: Ostrakoden aus der oligozänen und miozänen Molasse der Schweiz. – Schweizer. Paläont. Abh., **74**, 1–119, Basel 1956.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E.: Die Alpen im Eiszeitalter. – 1199 S., Leipzig (Tauchnitz) 1909.
- PETRASCHECK, W.: Molassekohle in Vorarlberg (Wirtatobel). – In: Kohlengeologie der österreichischen Teilstaaten, I. Teil, VI, Wien 1924.

- PLÖCHINGER, B.: Das Molasseprofil längs der Bregenzer Ach und des Wirtatobels (mit Beiträgen von R. OBERHAUSER und G. WOLETZ). — Jb. Geol. B.-A., **101**, 293–322, Wien 1958.
- RESCH, W.: Bericht 1976 über Profilaufnahmen und mikropaläontologische Untersuchungen in der Oberen Meeresmolasse auf Blatt 82, Bregenz. — Verh. Geol. B.-A., **1977**, A 82–A 84, Wien 1977.
- ROTHPLETZ, A.: Über die Entstehung des Rheintales oberhalb des Bodensees. — Schr. Ver. Bodensees Umgeb., **29**, 31–46, Konstanz 1900.
- SCHIEMENZ, S.: Fazies und Paläogeographie der Subalpinen Molasse zwischen Bodensee und Isar. — Beih. Geol. Jb., **38**, 119 S., Hannover 1960.
- SCHMIDEGG, O.: Bericht über eine Begehung des Kohlevorkommens von Birkenberg bei Bregenz. — Unveröff. Bericht, 5 S., Wien (Geol. B.-A.) 1945.
- SCHMIDLE, W.: Die diluviale Geologie der Bodenseegegend. — Die Rheinlande, **8**, 113 S., Braunschweig 1914.
- SCHMIDLE, W.: Die Drumlinhügel des diluvialen Rheingletschers. — Fortschr. Geol. Paläont., **11**, 36, 341–375, Berlin 1932.
- SCHMIDLE, W.: Postglaziale Spiegelhöhen des Bodensees und der Vorstoß des Konstanzer Gletschers. — Schr. Ver. Gesch. Bodensees Umgeb., **68**, 109–142, Friedrichshafen 1941.
- SCHMIDT, A. R.: Bergbaue, Erz- und Kohlefunde und besonders nutzbare Gesteinsarten in Vorarlberg. — Österr. Z. Berg-Hüttenwesen, **27**, 376–378, Wien 1879.
- SCHMIDT, M.: Rückzugsstadien der Würmvergletscherung im Argengebiet. — Schr. Ver. Gesch. Bodensees Umgeb., **40**, 26 S., Lindau 1911.
- SCHMIDT, M.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Württemberg, Blatt Nr. 184 Langenargen. — 50 S., Stuttgart (Kgl. Württ. Stat. L.-Amt) 1913.
- SCHMIDT, M. & BRÄUHÄUSER, M.: Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Württemberg, Blatt Nr. 181 Neukirch. — 102 S., Stuttgart (Kgl. Württ. Stat. L.-Amt) 1913.
- SCHREIBER, H.: Die Moore Vorarlbergs und des Fürstentums Liechtenstein in naturwissenschaftlicher und technischer Beziehung. — 177 S., Staab 1910.
- SCHREINER, A.: Erläuterungen zur geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung. — 286 S., Freiburg (Geol. L.-Amt Baden-Württ.) 1970.
- SCHREINER, A.: Zur Frage der tektonischen oder glazigen-fluviatilen Entstehung des Bodensees. — Jber. Mitt. Oberrh. geol. Ver., N. F. **57**, 61–75, Stuttgart 1975.
- SCHREINER, A.: Drumlins oder Schmelzwasserkuppen in der Jungmoräne bei Tettang (Oberschwaben, Baden-Württemberg). — Jh. Geol. L.-Amt Baden-Württ., **18**, 113–120, Freiburg 1976.
- SCHREINER, A.: Geologische Karte von Baden-Württemberg 1:25 000, Erläuterungen zu Blatt 8323 Tettang. — 60 S., Stuttgart (Geol. L.-Amt Baden-Württ.) 1978.
- SCHWERD, K.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8328 Nesselwang West. — München (Bayer. Geol. L.-Amt) (im Druck).
- SERET, G.: La genèse des drumlins. — In: SCHLÜCHTER, CH. (Hrsg.): *Moraines and Varves*, 189–196, Rotterdam (Balkema) 1979.
- SIEBER, R.: Bericht 1970 über paläontologisch-stratigraphische Untersuchungen in geologischen Kartierungs- und Arbeitsgebieten von Vorarlberg, Kärnten und Steiermark. — Verh. Geol. B.-A., **1971**, A 104–A 106, Wien 1971.
- SPECK, J.: Fährtenfunde aus dem subalpinen Burdigalien und ihre Bedeutung für Fazies und Paläogeographie der oberen Meeresmolasse. — Ecl. geol. Helv., **38**, 411–416, Basel 1947.
- STARCK, P.: Über die Grundwasserverhältnisse im Vorarlberger Bodenseerheintal, unter besonderer Berücksichtigung der Flußwasserinfiltration. — Beitr. Mikrofazies Strat. Tirol Vorarlberg, 441–506, Innsbruck 1971.
- TROLL, C.: Der diluviale Inn-Chiemsee-Gletscher. — Fortschr. dt. Landes-Volkskde., **23**, 121 S., Stuttgart 1924.
- TROLL, C.: Die Rückzugsstadien der Würmeiszeit im nördlichen Vorland der Alpen. — Mitt. Geogr. Ges. München, **18**, 281–292, München 1925.
- VACEK, M.: Über neue Funde von Mastodon aus den Alpen. — Verh. Geol. R.-A., **1887**, 120–123, Wien 1887.

- VOLLMAYR, TH. & ZIEGLER, J. H.: Geologische Karte von Bayern 1:25 000, Erläuterungen zum Blatt Nr. 8425 Weiler i. Allgäu (mit Beiträgen von K. BADER, E. HOHENSTATTER, H. JERZ & J.-P. WROBEL). – 76 S., München (Bayer. Geol. L.-Amt) 1976.
- WEINHOLD, H.: Beiträge zur Kenntnis des Quartärs im württembergischen Allgäu zwischen östlichem Bodensee und Altdorfer Wald. – Diss. Univ. Tübingen, 149 S., Tübingen 1973.
- WENZ, W.: Zur Land- und Süßwassermolluskenfauna der subalpinen Molasse des Pfändergebietes. – *Senckenbergiana*, **15**, 7–12, Frankfurt/Main 1933.
- WERNER, J.: Über die Möglichkeit der Gewinnung von Bodenseeuferfiltriertem Grundwasser im Argen-delta. – *Gas u. Wasserfach*, **113**, 201–205, München 1972.
- WERNER, J.: Exkursion in das Argen-Delta-Gebiet am 05.07.1973. – INQUA, Commission for the Study of the Holocene, field conference Bodensee 1973, 1–3, Hannover (Niedersächs. L.-Amt Bodenforsch.) 1973.
- ZIEGLER, J. H.: Bemerkungen zum Jungpleistozän zwischen Lindau (Bodensee) und Isny (Allgäu). – In: FRENZEL, B. (Hrsg.): Führer zur Exkursionstagung des IGCP-Projektes 73/1/24, 79–84, Bad Godesberg 1978.

