Zeitschrift: Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Luzern
Herausgeber: Naturforschende Gesellschaft Luzern
Band: 33 (1993)

Artikel: Geologie des Felsuntergrundes
Autor: Keller, Beat
DOI: https://doi.org/10.5169/seals-523396

Nutzungsbedingungen
Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Mehr erfahren

Conditions d'utilisation
L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. En savoir plus

Terms of use
The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. Find out more

Download PDF: 09.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, https://www.e-periodica.ch

Geologie des Felsuntergrundes

Beat Keller

Der Felsuntergrund des schweizerischen Mittellandes, in dessen zentralem Teil der Sempachersee eingebettet liegt, wird durch die Gesteine der Molasse aufgebaut. Unter Molasse (vom lateinischen «mollis»: mürbe, weich) verstanden die frühen Geologen ursprünglich die mürben Sandsteine der Region Genf. Heute jedoch werden damit gemeinhin Trümmergesteine (Nagelfluh, Sandstein, Mergel) aus dem Abtragungsschutt von Gebirgen in ihrer Entstehungsphase benannt, die in deren Vorlandbecken abgelagert wurden. So stellt auch das schweizerische Mittelland – in der Geologie als Molasse-Becken (Abb. 1) bezeichnet – einen Teil des nördlichen Vorlandbeckens der Alpen dar, das sich über 800 km von Chambéry bis Wien erstreckt. Die Unterlage des Molasse-Beckens wird durch Kalke sowie Mergel aus dem Erdmittelalter (Mesozoikum) gebildet.

Geologische Geschichte des Felsuntergrundes

Die in den Gesteinen und den darin erhaltenen Fossilien aufgezeichnete Entstehungsgeschichte dieser Molasseablagerungen ist eine ausgesprochen wechselvolle: Im Verlaufe der etwa 40 Millionen Jahre dauernden Sedimentation der Molasse spielten sich tiefgreifende klimatische Veränderungen von einem subtropisch warmen hin zu einem eiszeitlich kalten Klima ab. Während der alpinen Gebirgsbildung wechselten Phasen mit relativer Ruhe und solche mit lebhaften tektonischen Bewegungen (Überschiebung, Faltung, Deckenbildung, Hebung usw.) einander ab. Aber auch der in unseren Augen so stabile Meeresspiegel schwankte in diesem Zeitraum um bis über hundert Meter (Abb. 2). All diese Faktoren prägten das Ablagerungsbild des Erosionsschutts, der aus den in Entstehung begriffenen Alpen herangeführt wurde. So ist es nicht erstaunlich, dass das Molasse-Becken nicht aus einer homogenen Gesteinsfüllung besteht, sondern aus unterschiedlichsten Abfolgen mannigfaltiger Gesteine: hier rötliche, dort beige oder graue Konglomerate (Nagelfluh) und Sandsteine, aber auch bunte, ockergelbe, schwarze, grüngraue oder gar in unterschiedlichsten Rottönen gefärbte Mergel und Schlammsteine. Daneben finden sich aber auch schwarze Kohlen und verschiedenartige Kalke.

Je nachdem, ob diese Gesteine im Meer oder auf dem Festland abgelagert wurden, unterscheidet der Geologe Süsswasser- oder Meeresmolassen. So wird die Sedimentfüllung des Molasse-Beckens von

Unter-Oligozän des Rheintal-Grabens (vorw. marin)

kristallines Grundgebirge und externe Massive

Quartär

Hauptaufschiebung der subalpinen Molasse

Hauptaufschiebung der alpinen Decken

Obere Süsswassermolasse

Obere Meeresmolasse

Untere Süsswassermolasse

Untere Meeresmolasse und Helvetischer Flysch

Helvetisches Paläogen pro parte

Alpines Vorland

Abb. 1: Vereinfachte geologische Karte des zentralen schweizerischen Molasse-Beckens (aus Keller 1992, generalisiert nach Spicher 1980).

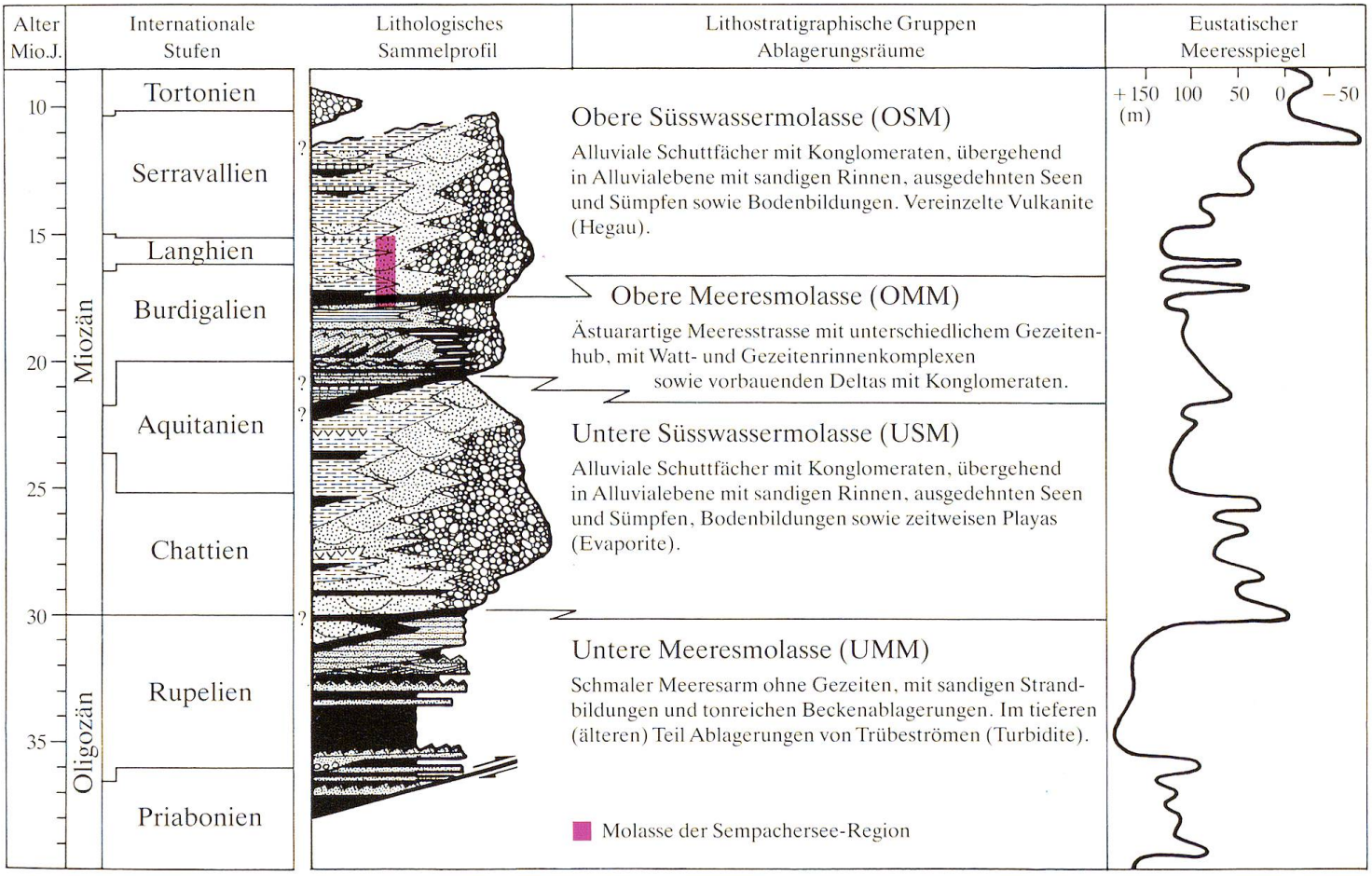


Abb. 2: Stratigraphisches Sammelprofil durch das schweizerische Molasse-Becken (nach Keller 1989).

oben nach unten in folgende Gesteinsgruppen unterteilt (Abb. 2):

- Obere Süsswassermolasse (OSM)
- Obere Meeresmolasse (OMM)
- Untere Süsswassermolasse (USM)
- Untere Meeresmolasse (UMM)

Die älteste Gruppe der Unteren Meeresmolasse wurde zwischen etwa 35 und 30 Millionen Jahren vor heute (Rupelien, unteres Oligozän) in einem schmalen Meeresarm abgelagert. Dieser Meeresarm erstreckte sich von dem zwischen Kaspischem und Schwarzem Meer gelegenen Binnenmeer – Paratethys genannt – entlang dem damaligen Alpennordrand über Wien bis nach Hoch-Savoyen, wo er blind endete. Während unter subtropischem Klima im ruhigen, tieferen Meeresbecken rauchgraue Mergel (Grisiger Mergel) abgelagert wurden, entstanden im Küstenbereich unter dem Einfluss des Wellenschlags Sandsteine (Horwer Sandstein). Da die Nordküste dieses Meeres im Gebiet der Schweiz etwa dem heutigen Alpennordrand folgte, fehlt die Untere Meeresmolasse im Untergrund des Sempachersees.

Vor etwa 30 Millionen Jahren fiel dann der Meeresspiegel weltweit um etwa 100 m, und das Meer der Unteren Meeresmolasse zog sich weit nach Osten, bis auf die Höhe von München zurück. Dieser Meeresrückzug leitete in die kontinentale Sedimenta-

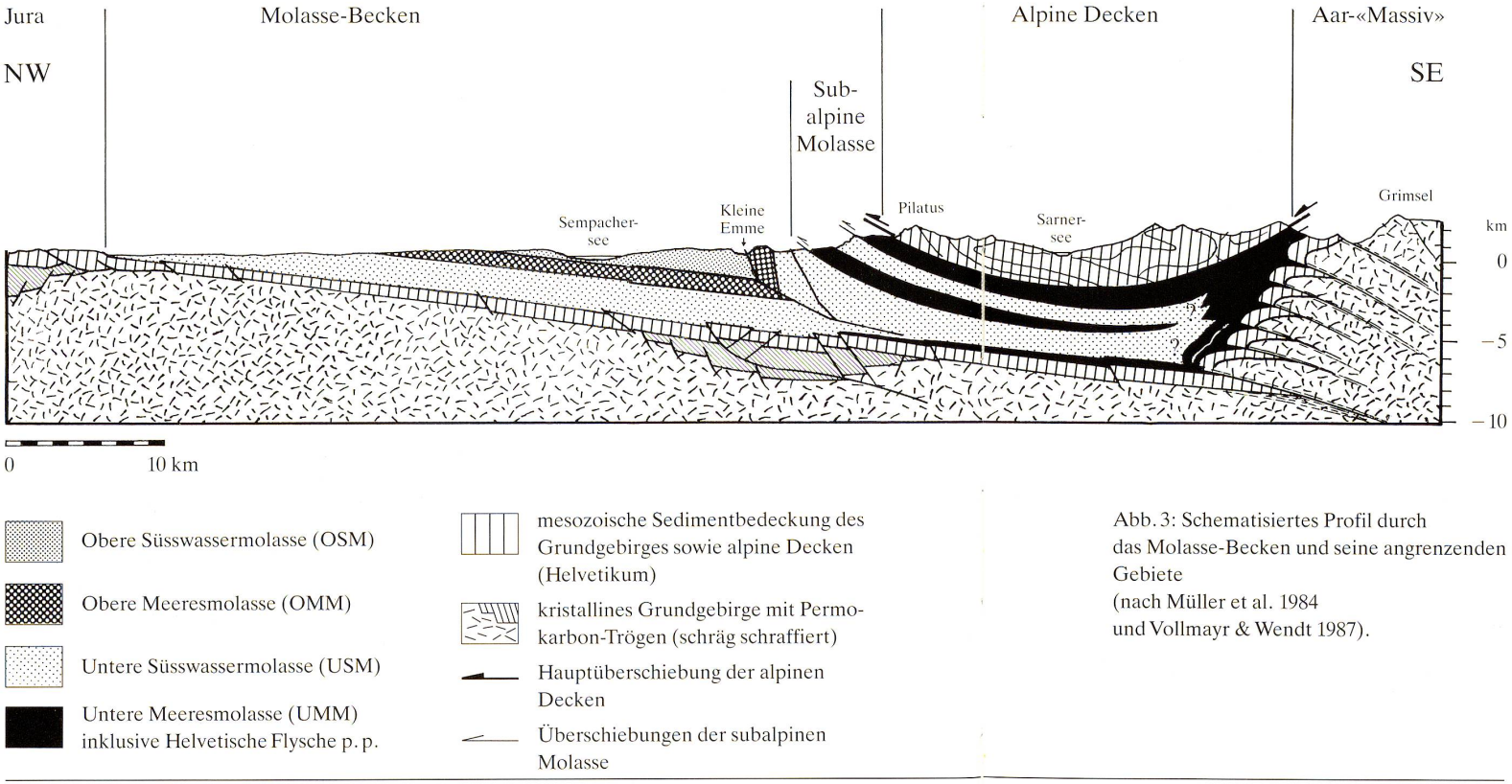


Abb. 3: Schematisiertes Profil durch das Molasse-Becken und seine angrenzenden Gebiete (nach Müller et al. 1984 und Vollmayr & Wendt 1987).

tion der Unteren Süsswassermolasse über, wobei sich der Ablagerungsraum nun über das ganze Mittelland bis in den heutigen Jura hinein ausdehnte. So bildet die Untere Süsswassermolasse im Untergrund des Sempachersees die älteste Gesteinsgruppe der Molasse (Abb. 3).

Wie aufgrund von Pflanzenfossilien geschlossen werden kann, war das Klima während der Ablagerung der älteren Unteren Süsswassermolasse vor etwa 30 bis 23 Millionen Jahren vorerst merklich kühler, dann aber wieder subtropisch warm geworden. Auch erreichte die alpine Gebirgsbildung einen ihrer Höhepunkte – die höchsten Berge ragten damals in Gipfelhöhen von wohl bis zu 6000 m! Am Nordrand des jungen Hochgebirges begannen die verwilderten Gebirgsflüsse, den Erosionsschutt aus dem jungen Hochgebirge zu gewaltigen Schuttfächern aufzuschütten. Die Geröllablagerungen eines der grössten Schuttfächer finden wir heute in den Ablagerungen der Rigi wieder. Im Vorlandbecken breitete sich eine flache Schwemmebene mit einem nach Osten entwässernden Flussnetz aus. Während in den Flüssen Sandsteine abgelagert wurden, gelangten in der Überschwemmungsebene bunt gefärbte, feinkörnige Sedimente wie Siltsteine, Schlammsteine und Mergel zum Absatz. Das Gebiet Sempachersee befand sich zu jener Zeit inmitten dieser weiten Alluvialebene.

Wegen eines schrittweisen Anstiegs des Meeresspiegels ab etwa 23 Millionen Jahren vor heute, verbunden mit einer verstärkten Absenkung des Beckenbodens, drang das Meer ein letztes Mal einerseits von Westen aus dem Rhonetal, andererseits von Osten aus der Paratethys in das alpine Vorlandbecken ein. Das Gebiet des Sempachersees lag damals mitten im schmalen Meeresarm, der vom Rhonedelta über Genf bis nach Wien zum Paratethys-Meer reichte (Abb. 8). In diesem untiefen Wattenmeer wurde zwischen 23 bis 17 Millionen Jahren vor heute die Obere Meeresmolasse bei wiederum subtropischem Klima abgelagert. Unter dem Einfluss von starken Gezeitenströmungen bildeten sich im Meer vorwiegend Sandsteine, in den ufernahen Schlickwatten aber auch dunkelgraue Silt- und Schlammsteine. Zahlreiche Fossilien von Meeresbewohnern wie Muschelschalen, Schneckengehäuse und Haifischzähne (Abb. 4) zeugen von diesem einstigen Meeresarm, der das heutige Mittelland und Teile des Jura bedeckte.

Einhergehend mit der jüngsten grossen Gebirgsbildungsphase der Alpen verlandete das Meer der Oberen Meeresmolasse vor etwa 17 Millionen Jahren. Im Molasse-Becken blieb erneut eine flache, nun gegen Westen ins Rhonetal entwässerte Schwemmebene zurück. Es ist dies die Zeit der Ablagerung der jüngsten Gruppe der Molasse, der Oberen Süsswassermolasse. Am Nordrand des Vorlandbeckens akkumulierte der Abtragungsschutt der Alpen wiederum zu riesigen Schuttfächern. Von den zwei grössten Schuttfächern ist uns der Napf mit seinen mächtigen Nagelfluhablagerungen wohl bekannt. Die Region Sempachersee lag in der sich zwischen Alpennordrand und dem heutigen Jura ausbreitenden Schwemmebene, wenig ausserhalb des durch verwilderte Flüsse aufgebauten Napf-Schuttfächers (Abb. 8). Während in den Flüssen der Alluvialebene wiederum Sandsteine gebildet wurden, repräsentieren bunte Schlammsteine und Mergel typische Sedimentgesteine der Überschwemmungsebene. Daneben breiteten sich zeitweilig auch grössere Seen aus, in denen dunkelgraue Schlammsteine und vielfach auch Süsswasserkalke abgesetzt wurden. Im Verlaufe der Ablagerung der Oberen Süsswassermolasse kühlte sich das Klima von einem subtropisch warmen bis zu einem gemässigten ab.

Vermutlich infolge der Hebung des Molasse-Beckens klang die Sedimentation der

Abb. 4: Versteinerter Haifischzahn aus der Oberen Meeresmolasse von Moos bei Uffikon (Sammlung Natur-Museum Luzern, Länge des Zahns ca. 2 cm).

Oberen Süsswassermolasse vor etwa 5 bis 6 Millionen Jahren ab, und es folgte eine Zeit mit zunehmender Erosion.

Da sich der Vorlandtrog unter der Auflast des entstehenden Alpengebirges im Süden jeweils stärker absenkte als im Norden, besitzt das Molasse-Becken eine keilförmige Geometrie – die Mächtigkeit der Beckenfüllung nimmt also zum Jura hin stetig ab (Abb. 3). Das Vorlandbecken wurde aber auch von den jüngeren Gebirgsbildungsphasen erfasst und durch die tektonischen Bewegungen von Süden her zusammengestaucht. Dies führte einerseits zur oben erwähnten Hebung und einer damit einhergehenden ostwärtigen Kippung des Beckens. Andererseits wurden dabei die ursprünglich mehr oder weniger horizontal abgelagerten Schichten am Südrand des Molasse-Beckens als eigentliche Decken auf das Vorland aufgeschoben oder aufgefaltet und verschuppt (Subalpine Molasse). Im alpenferneren Gebiet des Sempachersees schlugen sich diese tektonischen Bewegungen lediglich in der Anlage eines schwachen Bruchsystems und im generell flach ostwärtigen Einfallen der Schichten nieder. Deshalb

Abb. 5: Versteinertes Gehäuse der Lungenschnecke *Cepaea* (Länge ca. 2 cm) in Schalenerhaltung mit Farbmuster. Ältere Obere Süsswassermolasse, Rotbachtobel nordöstlich Sempach.

gehört diese Region zur flach liegenden Mittelländischen Molasse (Plateaumolasse).

Heute bildet die Obere Süsswassermolasse grossräumig den anstehenden Felsuntergrund im zentralen und östlichen Mittelland, so auch in der Umgebung des Sempachersees. Eine hier niedergebrachte Tiefbohrung würde von oben nach unten zuerst die Obere Süsswassermolasse, dann die Obere Meeresmolasse und zuletzt die Untere Süsswassermolasse durchteufen (Abb. 2, 3). Wie in den nächstgelegenen Tiefbohrungen von Altishofen oder auch Boswil fehlt über den verkarsteten Malmkalken also die Untere Meeresmolasse, da das Meer zu dieser Zeit nicht so weit nach Norden reichte.

Die Geologie des Sempachersee-gebiets

In der Umgebung des Sempachersees ist der Felsuntergrund über weite Bereiche von Moränenablagerungen der jüngsten Eiszeit bedeckt. Während diese Moränendecke vor allem in der Hügelzone und an

den flachen Talflanken an der Oberfläche ansteht, liegt in der Talung von Sempachersee und Suhre darüber eine spät- und nacheiszeitliche Lockergesteinsfüllung, aus der lediglich die eindrückliche Endmoräne am Nordwestende des Sees herausragt. Der Molassefelsen dagegen tritt meist nur in den steilen Bachtobeln zu Tage, die die sanften Abhänge beidseitig des Sees durchfurchen und an deren Mündung sich jeweils Bachschuttfächer ausgebildet haben. Nur im Südteil der Talung des Sempachersees steht der Felsen über grössere Bereiche oberflächennah an.

Trotz der wenig bemerkenswerten Aufschlüsse wurde die Molasse in der Region Sempachersee bereits im letzten Jahrhundert durch den Luzerner Geologiepionier Franz-Joseph Kaufmann (1825 bis 1892) eingehend untersucht. Sein Buch über die «Rigi und das Molassegebiet der Mittelschweiz» von 1872 bildet auch heute noch eine wahre Fundgrube für den Geologen. Die Kenntnisse erweitert hat später ein weiterer Luzerner Geologe, Joseph Kopp. Sein Werk lieferte die Grundlage der beiden geologischen Karten, auf denen das Gebiet des Sempachersees dargestellt ist. Es sind dies die Blätter Hochdorf (Kopp 1945) und Sursee (Gerber & Kopp 1990) im geologischen Atlas der Schweiz.

Wer den Felsuntergrund der Oberen Süsswassermolasse in der Umgebung des Sempachersees studieren will, durchstreift am besten die meist bis auf den Fels eingeschnittenen Bachtobel an den Talhängen. Einen guten Einblick in die Geologie bieten vor allem das Lehntobel bei Schenkon, das Pfarr- oder Ölitobel bei Eich, das Tobel des Rotbachs bei Sempach sowie das Wartensee- und das Sandblattentobel am Südwestende des Sees.

Beim Durchsteigen der Bachtobel stellen sich aber dem Neugierigen immer wieder Felsstufen mit kleinen Wasserfällen in den Weg (Abb. 6). Zusammen mit flacheren Bachabschnitten bilden diese einen treppenartigen Wechsel, der durch die schichtweise Wechsellagerung unterschiedlich harter Gesteine verursacht wird: So bestehen die bis mehrere Meter hohen Steilstufen aus härteren, verwitterungsbeständigeren Sandsteinen, während die flachen Bereiche in weniger harte Silt- und Schlammsteine («Mergel») einerodiert sind.

Dieser schichtweise wechselnde Felsaufbau erklärt sich durch den Ablagerungsmechanismus der Gesteine. Wie bereits ausgeführt, lag das Gebiet des Sempachersees zur Zeit der Ablagerung der Oberen Süsswassermolasse inmitten der flachen Schwemmebene, die sich zwischen Jura und Alpen ausbreitete (Abb. 8).

Die aus den Alpen entwässernden Flüsse besassen in der Ebene nur noch ein geringes Gefälle und hatten daher die Tendenz, sich rasch seitlich zu verlagern. Während der seitlichen Wanderung der Flussrinnen wurden am Prallhang die Uferbänke erodiert, und am Gleithang lagerte sich der mitgeführte Sand als sogenannter Rinnengürtel ab. Auf diese Weise wurde eine kontinuierliche Sandschicht abgelagert, deren Mächtigkeit jeweils etwa der Tiefe des einstigen Flusses bei Hochwasser entspricht. Meist verlagerte sich der Fluss seitlich bis mehrere hundert Meter, um sich nach katastrophalen Überschwemmungen unvermittelt ein anderes Bett zu suchen. Dadurch erklärt es sich, dass die Sandsteinbänke der Rinnengürtel mehrheitlich etwa 2 bis 4 m mächtig sind und seitlich abrupt aussetzen können – ein Phänomen, das den Geologen beim Bau der Autobahn N 2 zwischen Sursee und Eich noch nicht bekannt war und ihnen daher mitunter Kopfzerbrechen bereitete.

Von der Ablagerung an den flachen Gleithängen der Flüsse zeugen heute grosse, flache Schrägschichtungen in den Sandsteinen. Neben diesen erkennt der geübte Beobachter aber auch kleinere

Abb. 6: Kleiner Wasserfall über Steilstufe aus Sandstein. Bachtobel Kleine Aa bei Allmend, NNE Sempach Station.

trogförmige Schrägschichtungen von Sanddünen oder -rippeln, die im rasch fliessenden Flusswasser gebildet wurden.

Derartige Steilstufen aus Sandsteinen der Rinnengürtel lassen sich beispielsweise im unteren Rotbachtobel oberhalb des Zusammenflusses der drei Bäche oder auch im Wartenseetobel unterhalb des Fahrweges studieren.

Auf den Uferwällen der Flüsse und in der weiten Schwemmebene dagegen setzte sich nur bei uferübertretendem Hochwasser Feinsediment wie Ton und Silt aus der Flusstrübe ab, in Flussnähe auch Feinsand. Diese Überschwemmungssedimente bilden heute die feinkörnigen Silt- und Schlammsteine sowie Mergel, die ihre bunten, ockergelben und grüngrauen, mitunter auch rötlichen Farben der Bodenbildung in der einstigen Flussebene verdanken.

Gebietsweise war die Flussebene versumpft, wovon dunkelbraune bis braunschwarze Feinsand- und Schlammsteine zeugen, in denen zuweilen fossile Schneckenschalen zu finden sind.

Daneben existierten auch ausgedehnte flache Seen (Abb. 8), wo graue Tonsteine und gelegentlich auch bituminöse Süsswasserkalke abgelagert wurden. Derartige Seeablagerungen sind beispielsweise im Bachtobel östlich der Kirche von Büron aufgeschlossen.

Im Verlaufe der Ablagerung der Oberen Süsswassermolasse wurden im absinkenden Molasse-Becken alternierend Sandsteine der Flussrinnengürtel sowie feinkörnige Siltsteine und Schlammsteine der Schwemmebene abgelagert, wobei diese zwei Hauptgesteinsgruppen etwa in gleichem Verhältnis auftreten. Diese

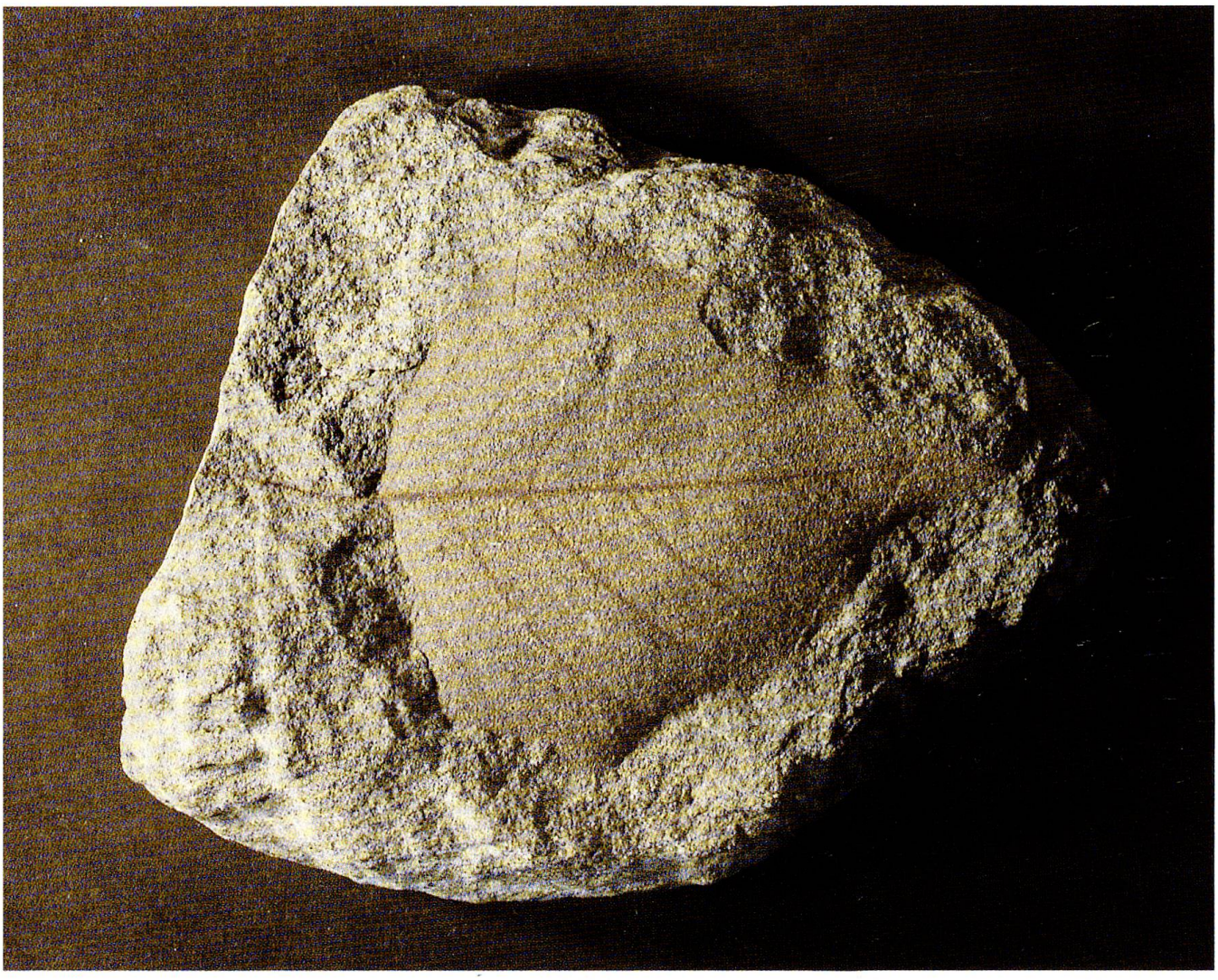


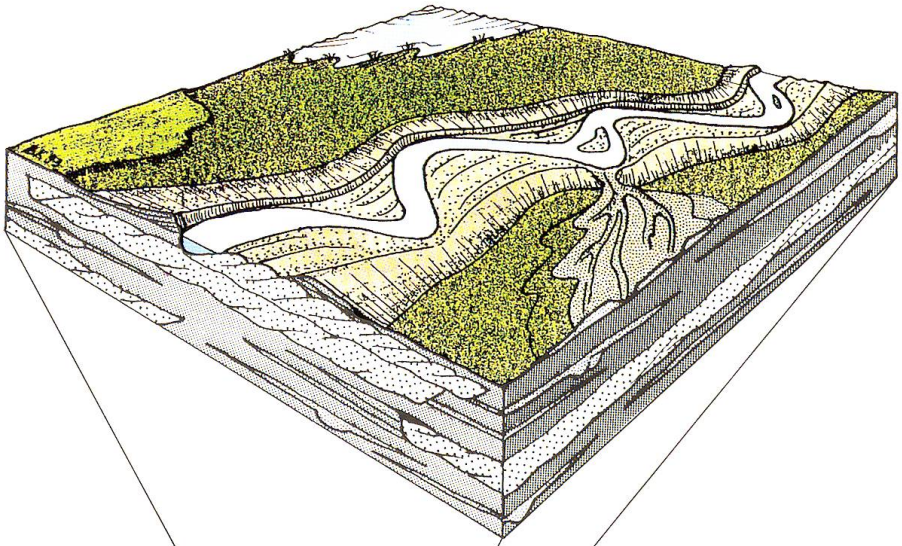
Abb. 7: Versteinertes Pappelblatt (*Populus* sp.) aus der Oberen Süsswassermolasse von Schenkon (Sammlung Natur-Museum Luzern, Länge des Blattes ca. 8,5 cm).

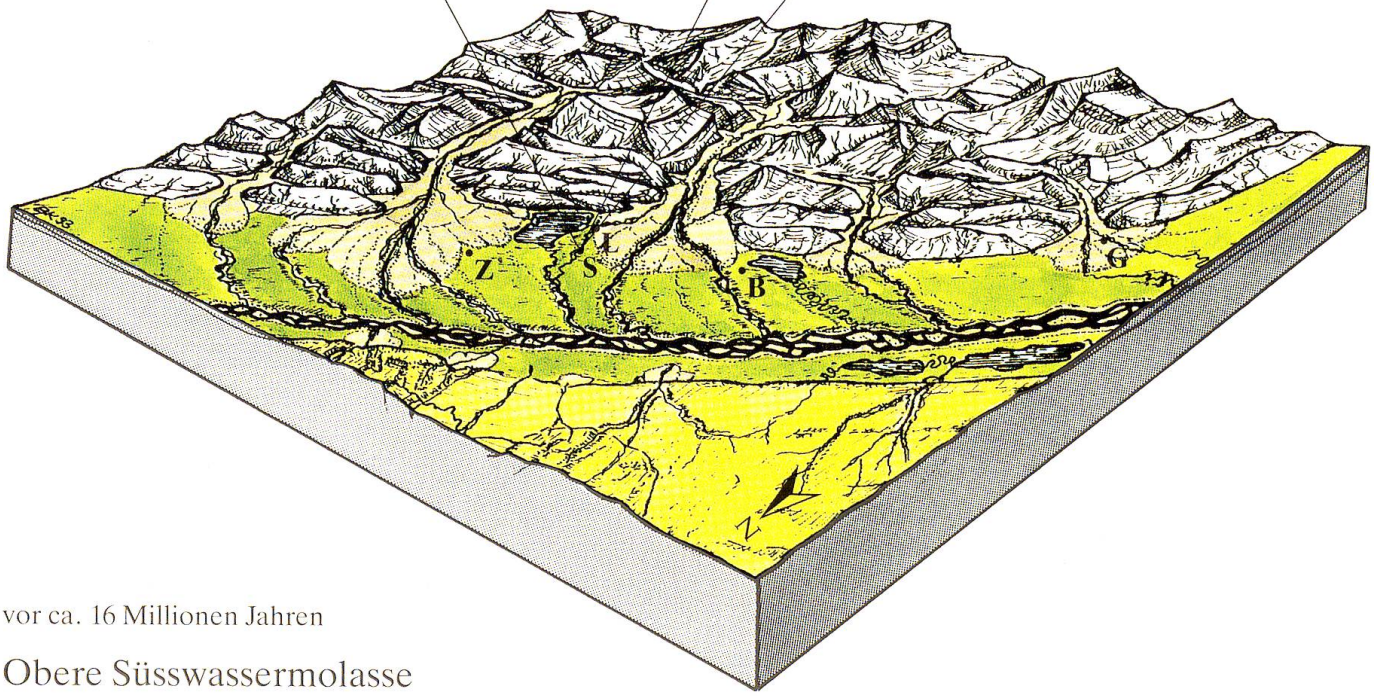
schichtweise Wechsellagerung härterer und weicherer Gesteine findet ihren Ausdruck aber auch in Schichtrippenlandschaften, wie sie beispielsweise südöstlich des Sees in der Umgebung von Sandblatten zu beobachten ist.

Die Obere Meeresmolasse mit ihren Sandsteinen und Nagelfluhbänken ist erst nordöstlich einer Linie Mauensee–St. Erhard–Büron anstehend und bildet dort grossräumig den Felsuntergrund. Die Ablagerungen der Oberen Süsswassermolasse sind in diesem Gebiet also bereits erodiert worden.

Aus paläontologischer Sicht präsentiert sich die Obere Süsswassermolasse in der Umgebung des Sempachersees als nicht sehr fossilreich. Diese Fossilarmut ist aber nicht etwa auf schlechte Lebensbedingungen für landbewohnende Pflanzen und

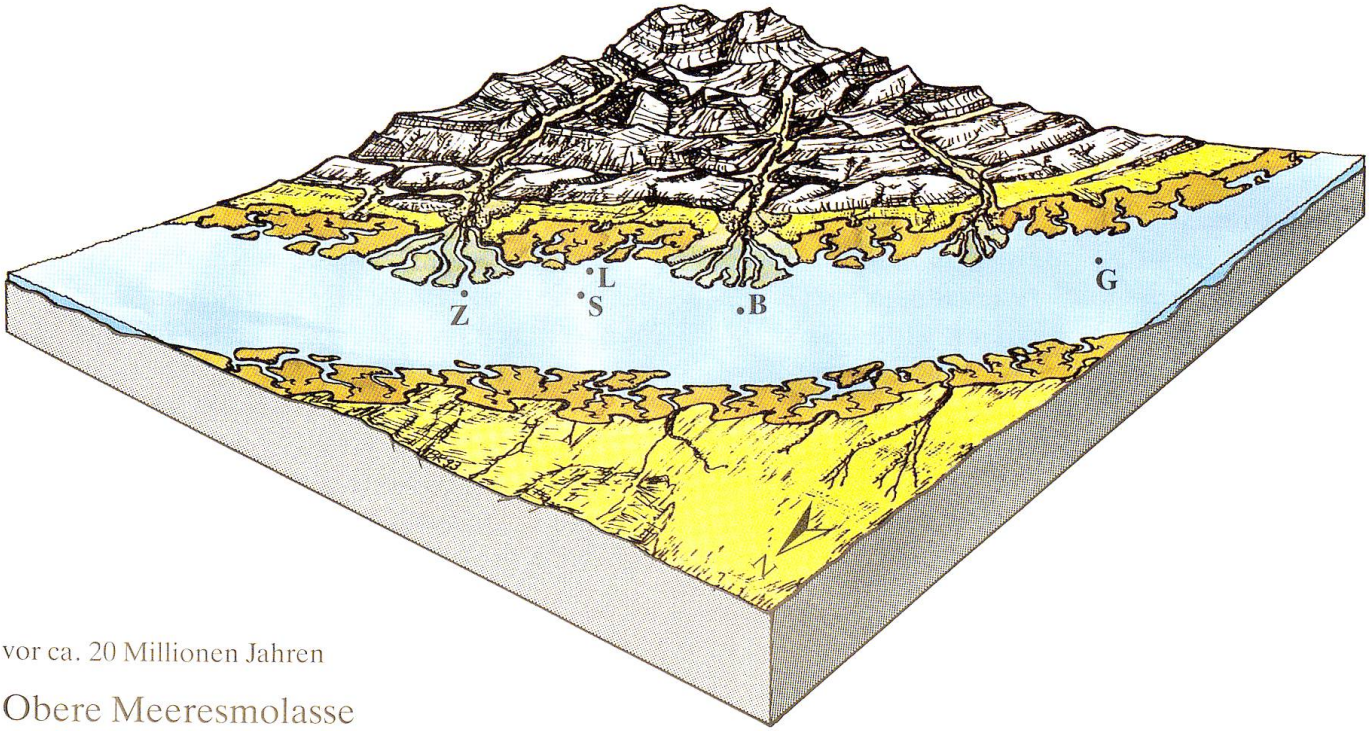
Abb. 8 (rechte Seite): Blockmodelle der paläogeographischen Situation zur Zeit der Ablagerung der Oberen Meeresmolasse und der Oberen Süsswassermolasse mit einem vereinfachten Faziesmodell für die Region des Sempachersees (B: Bern; G: Genf; L: Luzern; S: Sempachersee; Z: Zürich).





vor ca. 16 Millionen Jahren

Obere Süsswassermolasse



vor ca. 20 Millionen Jahren

Obere Meeresmolasse

Tiere zurückzuführen, sondern vielmehr auf die gesamthaft schlechten Fossilisationsbedingungen im fluviatilen Ablagerungsraum der Schwemmebene.

Eine Ausnahme davon stellen die Ablagerungen versumpfter Gebiete dar, die dunkelfarbige Schichten aus siltigen Sandsteinen, Schlammsteinen und Mergeln bilden. In diesen Ablagerungen finden sich nicht selten versteinerte Gehäuse von Landschnecken der Gattung *Cepaea* (Abb. 5). Bemerkenswert an diesen Versteinerungen ist, dass die Schale als solche samt den Farbmustern über mehr als 15 Millionen Jahre erhalten geblieben ist. Eine gute Fundstelle für fossile Schnecken befindet sich beispielsweise nordöstlich von Sempach an dem Bach, der vom Steinibüelweiher in den Rotbach mündet, wenige Meter oberhalb des Zusammenflusses. Die hier auf der linken Bachseite anstehende, dunkelbraune tonige Feinsandsteinbank birgt zahlreiche, gut erhaltene Schnecken der Gattung *Cepaea.*

Aber auch in den Seeablagerungen sind versteinerte Schneckenschalen mitunter häufig, so im Bachtobel östlich der Kirche von Büron. Pflanzenfossilien dagegen sind eher als Seltenheit zu betrachten. So berichtete Kaufmann 1872 von einem Fund versteinerter Pappelblätter (*Populus* sp.) aus Schenkon (Abb. 7). Bemerkenswert ist auch der Fund von Blattresten der Fiederpalme *Geonoma* östlich der Kirche von Büron. Die Palmblattreste wurden Mitte des letzten Jahrhunderts beim Sprengen von Sandsteinen für Bauzwecke entdeckt. Sie zeugen vom subtropisch warmen Klima während der Ablagerung der Oberen Süsswassermolasse, ist die Fiederpalme *Geonoma* doch eine artenreiche Gattung des heutigen subtropischen Amerika.