

Zeitschrift: Berichte der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft
Herausgeber: St. Gallische Naturwissenschaftliche Gesellschaft
Band: 93 (2019)

Artikel: Zur Klima-Entwicklung in der Molassezeit und im jüngsten Miozän
Autor: Hantke, René
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-869266>

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: 14.12.2025

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

Zur Klima-Entwicklung in der Molassezeit und im jüngsten Miozän

René Hantke

Inhaltsverzeichnis

1 Der Klima-Wandel im Eiszeitalter . . .	367
2 Kaltzeiten weltweit seit dem Prä- kambrium	369
3 Erdmittelalter und frühe Erdneuzeit in der Schweiz	369
4 Kaltzeiten zeitweise auch in der Unteren und Oberen Süsswassermolasse.	369
5 Kaltzeiten im jüngsten Miozän	372
6 Künftige Forschung in der Unteren und Oberen Süsswassermolasse.	372
Literatur.	373

1 Der Klima-Wandel im Eiszeitalter

Klimawandel ist heute in aller Munde. Hiezulande begann die Frage um eine markante Klimaänderung bereits im späten 18. Jh. mit B.F. KUHN (1786), Sohn des Pfarrers von Grindelwald, Justiz- und Polizeiminister im helvetischen Grossen Rat; er erkannte als Erster alte Moränen weit ausserhalb der jetzigen Gletscherzungen und schloss auf eine ehemals grössere Ausdehnung der Gletscher. Auch erwähnte er die Beobachtung eines Hirtenknaben, der 1773 das schnelle Vorücken des Oberen Grindelwald-Gletschers festgestellt hatte. Als 1815 JEAN-PIERRE PERRAUDIN, Gemsjäger und Gemeinderat von Bagnes im Wallis, JEAN DE CHARPENTIER, Direktor der Salinen von Bex, erklärte, dass die Walliser Gletscher einst bis ins Mittelland gereicht haben müssen, hat Perraudin damit den Anstoss zur Lösung eines Problems gegeben, das die Naturforscher seit dem frühen 18. Jh. beschäftigt hat. Zugleich weckte dies in den Menschen am Rande von vergletscherten Hochtälern die Erkenntnis, dass ihre Heimwesen von den damals vorstossenden Gletschern überfahren werden könnten. L. AGASSIZ (1840) untersuchte den Unteraar-Gletscher, studierte dessen Eigenschaften, erkannte die Fließgeschwindigkeit, was das Gefahrenpotential

und die Angst in den vergletscherten Hochtälern bestätigte.

Selbst I. VENETZ (1830, 1833, 1837, 1861), kantonaler Forstinspektor des Wallis, stiess mit seinen Gedanken einer deutlich kälteren Vorzeit anfangs auf grossen Widerstand der damaligen Gelehrtenwelt. Seine Idee von einer grossen Eiszeit in den Alpen und ihrem Vorland wurde erst Jahrzehnte später – nach den Arbeiten von DE CHARPENTIER (1834, 1835, 1837, 1841), O. HEER (1858, 1864) und A. MORLOT (1858, 1859) – anerkannt.

In der Folge nahm die Anzahl der quartären Eiszeiten rasch zu und war auch im deutschen Alpen-Vorland (B. EBERL 1930, B. FRENZEL 1967) sowie im Zusammenhang mit der Nordischen Vereisung mehrfach Gegenstand von Untersuchungen (P. WOLDSTEDT 1961, WOLDSTEDT & K. DUPHORN 1974).

M. MILANKOVITCH (1941) hat – basierend auf seinen Berechnungen – postuliert, dass die Sonneneinstrahlung im Sommer auf 65°N die Kalt- und Warmzeiten prägt. Die Theorie wurde zu seinen Lebzeiten abgelehnt; doch ab 1970 wurde klar, dass sie mit den Klima-Archiven in marinen Sedimenten und Eisbohrkernen übereinstimmt. Heute ist die MILANKOVITCH-Theorie in den Grundzügen breit akzeptiert. Seine Idee, dass die Einstrahlung der Sonne die Eiszeiten bestimmt hätte, war im Prinzip richtig. Früh wurde erkannt, dass es nur Rückkoppelungs-Effekte im Klimasystem braucht, um die Eiszeiten zu erklären.

H. BLATTER (1984) hat erneut dargetan, dass der Wechsel von Kalt- und Warmzeiten auf einer Änderung der Erdbahn und der daraus resultierenden Sonneneinstrahlung auf der Erde beruht. Die Neigung der Erdachse schwankt in einem Zyklus von 41 000 Jahren um rund 2°. Zugleich taumelt diese leicht im Rhythmus von 26 000 Jahren. So ändert sich die elliptische Umlaufbahn der Erde um die Sonne in rund 100 000 Jahren in zweifacher Hinsicht: einerseits von kreisähnlicher zu leicht elliptischer Bahn, andererseits dreht sich

ihre Achse in der Erdbahnebene. Taumeln der Erdachse und Drehung der Ellipsenachse führen dazu, dass der Tag, an dem die Erde der Sonne am nächsten steht, in rund 20 000 Jahren durchs Kalenderjahr wandert. Diese Bewegung der Erde stellte sich nicht erst in den Kühl- und – in höheren Lagen – in den Kaltzeiten des Eiszeitalters ein, sondern war stets wirksam.

Schon bei der Hochschul-Diplomarbeit von K. KLEIBER (1938) stellte sein Diplomvater, R. STAUB, fest, dass die Gerölle der extrem bunten Höhronen-Nagelfluh eindeutig aus dem Oberengadin stammen. Dies liess bezüglich des Paläoklimas wohl etwas aufhorchen. Doch da in den begleitenden Molasse-Kohlen von Greit und Sparenweid am Nordhang sowie von der Südseite des Höhronen warmzeitliche Floren bekannt waren (HEER 1846, 1848, 1859), war der Klimacharakter zur Ablagerungszeit der Höhronen-Schüttung kein Thema.

Erst als sich dann in der jung-oligozänen Comasker Molasse bis 18 m lange Blöcke von Bergeller Tonalit fanden, E. JÄGER (1983) zuvor ein riesiges Emporwachsen des Bergeller Massivs und R. TRÜMPY (1977) in der Talung des Engadin eine schon im Oligozän wirksame linkshändige Störung erkannt hatten, öffneten sich mit einer postulierten jüngst-oligozänen bis ältest-miozänen Vergletscherung neue Aspekte. Bereits im jüngeren Oligozän und im älteren Miozän waren demnach Gletscher einerseits durchs Engadin und über die Pässe Ur-Septimer, Ur-Julier und Ur-Albula nach Norden, andererseits durchs Ur-Bergell, durchs Ur-Veltlin und durch die Talungen des Ur-Comersees in einer oder in mehreren Kaltzeiten bis die Gegend von Como geflossen (HANTKE & JÄGER 1982, JÄGER & HANTKE 1983, 1984).

Ebenso zeigten sich wenig später in fossilen Muren, in der älteren und jüngeren Schweizer Jura-Nagelfluh, dass sich im jüngsten Oligozän bis ältesten Miozän (Ältere JNF) sowie im mittleren Miozän (Jüngere JNF) Anzeichen von Vereisungen in den Hochla-

gen von Schwarzwald und Vogesen mit Geröll-Schüttungen nachweisen lassen. Fossile Muren reichten offenbar bis in den nördlichen Schweizer Jura (HANTKE 1986).

2 Kaltzeiten weltweit seit dem Präkambrium

Kaltzeiten stellten sich nicht erst im Eiszeitalter ein; sie zeichneten sich bereits in der frühesten Erdgeschichte weltweit in Form von Gletscherschliffen und Tilliten ab. So ergaben sich – verteilt über den ganzen Globus – schon an der Grenze Präkambrium/Eokambrium, im Eokambrium, an der Grenze Ordovizium/Silur und jener von Karbon/Perm bedeutende Kaltzeiten, wie M. SCHWARZBACH (1950, 1961, 1974) in seinen Einführungen in die Paläo-Klimatologie aufzeigt.

3 Erdmittelalter und frühe Erdneuzeit in der Schweiz

Das Mesozoikum zeichnete sich in der Schweiz vorwiegend durch warmzeitliche Meere, das frühe Tertiär durch ein warmzeitliches Festland aus. Dann folgte im frühen und auch später, im mittleren Oligozän während der Unteren Meeresmolasse, erneut eine Zeit mit ebenfalls vorwiegend warmzeitlichem Klima. Doch scheinen sich auch schon gegen das ausgehende Erdmittelalter – etwa in den mittleren Kreide-Faunen des Alpsteins – wärmere und kühlere Zeiten abzuzeichnen (P. KÜRSTEINER, CH. KLUG et al. 2018).

4 Kaltzeiten zeitweise auch in der Unteren und Oberen Süsswassermolasse

Mit der Ablagerung der Unteren und der Oberen Süsswassermolasse hat sich auch im jüngsten Oligozän, im älteren und mittleren Miozän der Schweiz hinsichtlich des Klima-Ablaufes etwas grundlegend geändert. Wäh-

rend sich die Mergelabfolgen auf Greit am Nordhang des Höhrnen sowie auf der Südseite durch warmzeitliche Floren auszeichnen (O. HEER 1846, 1848, 1859), werden diese getrennt durch Nagelfluhbänke. Diese wurden bisher – wie die mergeligen Sedimente mit den Molasse-Kohlen von Greit und Sparenweid sowie den warmzeitlichen Floren beidseits des Höhrnen dazwischen – ebenfalls als warmzeitlich betrachtet und als Ablagerungen von alpinen Flüssen gedeutet, einem Ur-Rhein (U.P. BÜCHI 1950) oder einer Ur-Reuss (PH. GAREFALAKIS 2018). Doch solchen fehlen hiezu die notwendigen, kurzfristig wirksamen Wassermassen mit flussaufwärts eingeregelter flacheren Geröllen (Abb. 1 oben).

Hiefür bietet sich in Ur-Mittelbünden eine neue Deutung an mit Vergletscherungen des im jüngsten Oligozän–ältesten Miozän mächtig emporstrebenden Bergeller Massivs und der zuvor übergeglittenen penninischen und ostalpinen Decken. Dabei erscheint es nicht nur möglich, sondern höchst wahrscheinlich, dass – etwa beim Bruch gletschergestauter Seen – sich mächtige Muren ins Vorland ergossen und in der Unteren Süsswassermolasse zu Nagelfluh verbacken wurden (Abb. 1 unten).

Mit dem mächtig emporgestauten Bergeller Massiv versteilte sich auch das benachbarte Vorfeld. In den mitaufgerichteten Decken lösten sich Teile, brachen als Bergstürze und Steinschlag auf Eis nieder und stauten als sturzgut- und moränen-beladene Gletscherzungen, so im Ur-Schams einen Ur-Schamser See, ein Ur-Julia-Gletscher einen Albula-See, die beide wiederholt ausbrachen und Muren in die Ostschweizer Untere Süsswassermolasse schütteten (Abb. 2).

Selbst noch im älteren Miozän flossen aus dem erneut wieder mächtig vergletscherten obersten Bergell und aus dem Oberengadin moränen-beladene Gletscher durch Ur-Septimer, Ur-Julier und Ur-Albula Pass nach Mittelbünden. Dabei staute der Ur-Julia-Gletscher im Ur-Albulatal einen Ur-Albula-See. Seine katastrophalen Ausbrüche

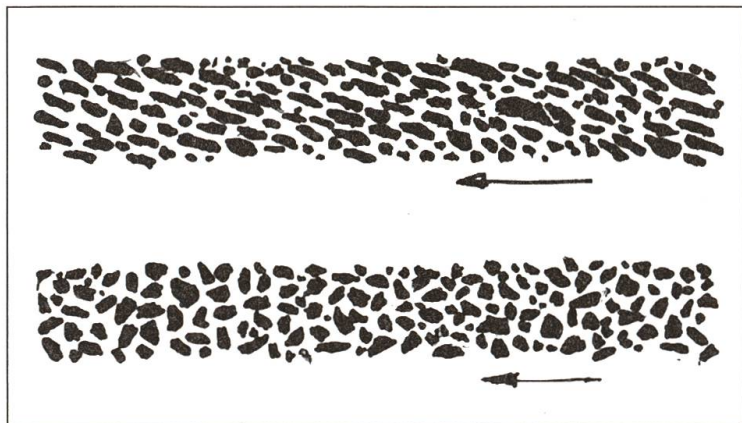


Abbildung 1:
Oben: Flachere Gerölle sind der Strömung entgegen dachziegelartig eingeregelt, typisch für Flussablagerungen. Pfeil: Fließrichtung.
Unten: Gerölle liegen wirr durcheinander, ohne jede Einregelung charakteristisch für Nagelfluhbänke, fossile Muren.

erzeugten Muren, welche im Vorland die extrem bunten Nagelfluhen der Höhrnen-Schuppe schütteten.

In Ur-Nordbünden hatte ein Ur-Urden-Gletscher einen Ur-Schanfigger See, im untersten Ur-Prättigau ein Ur-Valzeina-Gletscher einen Ur-Schierser See und in Ur-Vorarlberg ein Ur-Brandner Gletscher einen Ur-Montafoner See gestaut. Bei ihrem Bruch hatten sich auch aus diesen Seen Muren ins Vorland ergossen und dort Nagelfluhbänke geschüttet.

In der Zentralschweiz waren beim Bruch moränenbeladener, stauender Gletscher mächtige Muren durch die Prä-Bisistal-Depression vorgefahren. Sie bauten im zentralen Alpen-Vorland die jung-oligozän–altmiozänen Nagelfluhen mit ihren wirr geschütteten Geröllen in der Unteren Süswassermolasse zwischen Rinderweidhorn und dem Tal von Rothenthurm auf. Diese setzt sich gegen Westen in jene der Rigi/Rossberg-Schuppe fort.

Die Nagelfluhbänke von Rigi und Rossberg, die Riginen, waren seit F.-J. KAUFMANN 1872 wiederholt Thema von Geröll-Untersuchungen, z.B. durch J. SPECK 1953, B. STÜRM 1973, F. SCHLUNEGGER

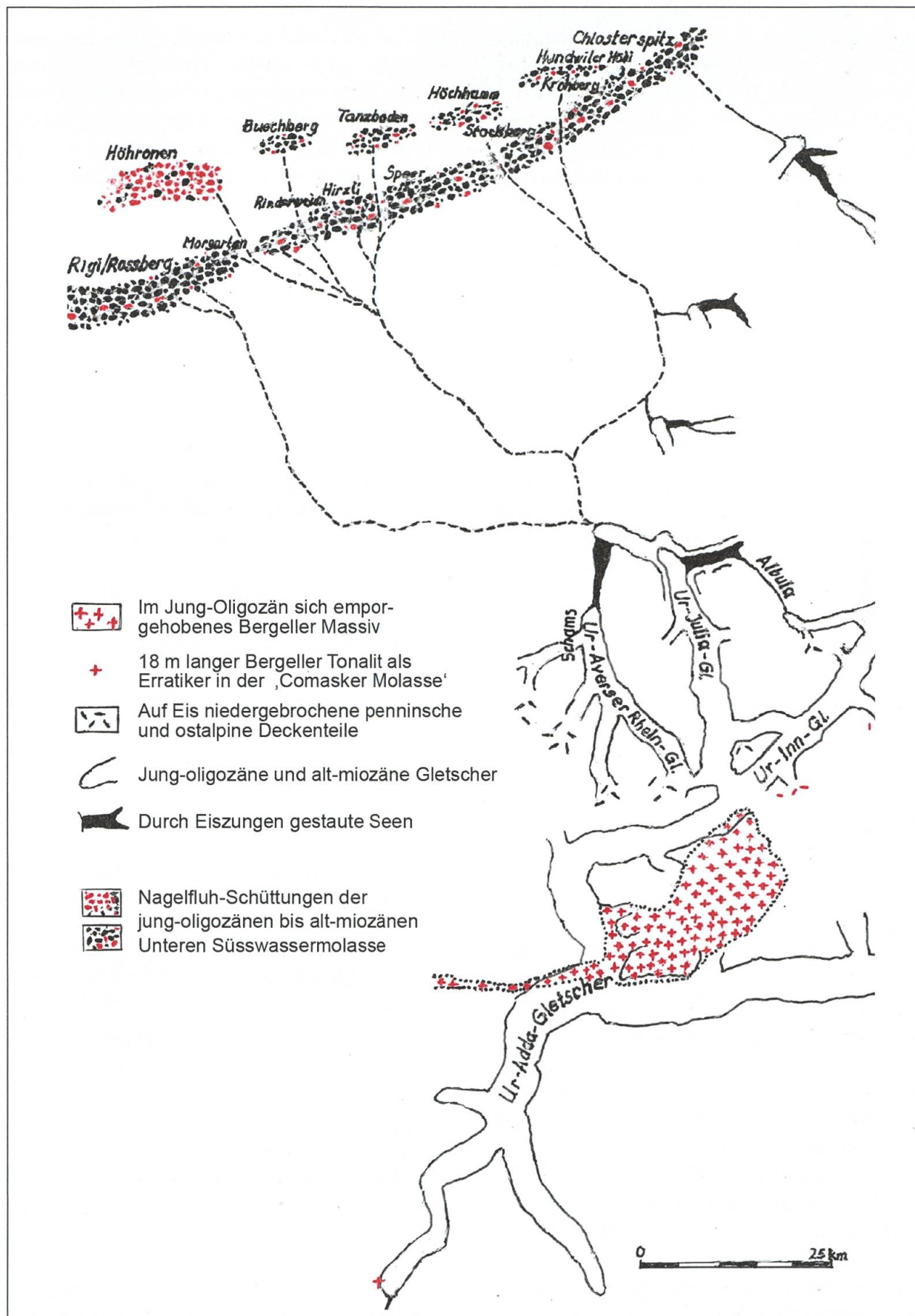
1995, in HANTKE 2006. Jüngst erkannte PH. GAREFALAKIS (2018) richtig, dass die flacheren Gerölle in den Bänken *nicht* dachziegelartig eingeregelt sind wie in jedem Flussbett (Abb. 1 oben), sondern wirr durcheinander liegen (Abb. 1 unten). Trotzdem weist GAREFALAKIS ihre Schüttung noch einer Ur-Reuss zu.

In der Ostschweiz bauten die jung-oligozän–alt-miozänen Muren der Unteren Süswassermolasse von Planggenstock, Hirzli/Speer/Stockberg, der Hochalp/Petersalp und des Kronbergs mit seinen Riesengeröllen zu Nagelfluhbänken verbackene Abfolgen auf.

Ein analoges Geschehen ereignete sich in der Ostschweiz erneut rund 10 Mio Jahre später, zur Zeit der Oberen Süswassermolasse. Auch zwischen den Nagelfluhbänken der Hörnli-Schüttung fanden schon W. KYBURZ (1968) und später TH. BOLLIGER & M. EBERHARD (1989) warmzeitliche Floren. Dazwischen liegen vom Hörnli bis zum Leitniveau des Appenzeller Granits, einer charakteristischen, besonders stark verbackenen Nagelfluh, 20 über weite Distanzen durchhaltende Bänke und darunter noch mindestens 5 weitere bis zum obersten zeitlichen Süswasser-Äquivalent der Oberen Meeresmolasse (HANTKE et al. 1967). Wenn sich für einen eiszeitlichen Kalt/ Warm-

Abbildung 2 (S. 371):

Ur-Adda-, Ur-Averser Rhein- und Ur-Inn-Gletscher mit Transfluenzen nach Ur-Mittelbünden, durch Eiszungengestaute Seen, die beim Bruch als jung-oligozäne und alt-miozäne Muren ins Vorland flossen, wo sie zu Nagelfluh verfestigt wurden. Da die jung-oligozänen Überschiebungsweiten der penninischen und ostalpinen Decken im Norden und Osten des Bergeller Massivs noch unbekannt sind, sicher nicht den heutigen entsprechen, konnten diese nicht dargestellt werden. Ortsbekannte Geröllanalysen von Nagelfluhen könnten dazubeitragen, diese einigermaßen abzuschätzen. Der Bereich zwischen Bergeller Massiv und im Miozän emporgehobenem Aar-Massiv lag noch unter den penninischen und ostalpinen Decken; er wurde erst im mittleren bis jüngsten Miozän zu den helvetischen Decken hochgestaut.



zeit-Zyklus um 100 000 Jahre ergeben, würde dies im zentralen Hörnligebiet im Mittelmiozän einem Zeitraum von rund 2½ Mio Jahren entsprechen. In Bereichen ohne eigentliche Nagelfluhbänke, nur mit Gewröllschnüren oder schwächtigen Nagelfluhlagen, wäre die Temperatur nie so tief gefallen, dass es zu Murgängen durch ausgebrochene Eisstauseen gekommen wäre; in diesen – wohl in etwas tieferer Höhenlage – waren auch die Warmzeiten etwas wärmer. Mergel- und Sandsteinlagen mit warmzeitlichen Pflanzenresten bekunden Warmzeiten.

Östlich des Rheins dürften zur Zeit der Unteren Süßwassermolasse ein Ur-Lutz- und ein Ur-Zitterklapfen-Gletscher im Gebiet des südlichen Ur-Bregenzer Waldes einen Ur-Au-See gestaut haben. Bei dessen Bruch könnten seine Muren in Ur-Vorarlberg die jung-oligozänen Nagelfluhen von Geisskopf, Hittis-Berg, Hochgrat und Sulzberg geliefert haben. Ein Ur-Kleinwalser-Gletscher staute einen Ur-Oberstdorfer See. Seine Murausbrüche lieferten zunächst die oligozän-miozänen Nagelfluhen von Hochgrat-Stuibn und – rund 10 Mio Jahre später – die mittelmiozänen in der Pfänder- und der Adelegg-Molasse (EBERHARD 1987).

5 Kaltzeiten im jüngsten Miozän

Noch im jüngsten Miozän, im Messinien, zeichneten sich kräftige Vereisungen ab. Mit der Absenkung des Atlantikspiegels um über 200 m, fiel das Einströmen von Atlantikwasser durch die Strasse von Gibraltar ins Mittelmeer gewaltig ab. Das Mittelmeer trocknete über weite Bereiche aus; in den tiefsten Bereichen liegen unter quartären und pliozänen Sedimenten Gips- und Salzablagerungen, ursprünglich Gips- und Salzseen (K.J. HSÜ 1976, 1982, 1984). Zugleich wurde das dem Weltmeer fehlende Wasser auf dem Land und auf polaren Meeren durch mächtige Eismassen kompensiert während die grossen europäischen Ströme nur bescheidene Schmelzwasserzuflüsse waren..

Auch die jüngst-miozäne Kaltzeit gibt sich in der Schweiz zu erkennen, so einerseits in einem ersten Auseinanderpressen eines Spaltes zwischen Axen-Decke und ihrer Front durch den Klön-, in der Talung Meiringen-Brienzen und im Brienzensee durch den Aare-Gletscher, andererseits in der alten, rot-durchgewitterten Moräne, der Wanderblock-Formation mit bis über 1 m grossen Geschieben aus dem Süd-Schwarzwald im Vogesenhof, Chastel, Gde. Himmelried SO. Diese sind nicht altpleistozän (HANTKE 1973; 1978: Fig. 129 und 130), sondern nach ihrem Verwitterungsgrad deutlich älter, wohl ebenfalls jüngstmiozän.

TH. BOLLIGER, O. FEJFAR, H.R. GRAF & D. KÄLIN (1996) erkannten, aufgrund von Kleinsäugern im Höheren Deckenschotter des Irchel, darin eine pliozäne Schüttung.

In jüngerer Zeit haben sich – neben CH. SCHLÜCHTER – H.R. GRAF, O. KELLER & E. KRAYSS, F. PREUSSER und G. WAGNER um die Eiszeitenfolge und Quartärgeologie in der Schweiz und vor allem M. WELTEN (1982, et al. 1988) um die Palyno-Stratigraphie bemüht. Dabei haben sich die Geologen leider da und dort noch zu sehr an Vorstellungen von A. PENCK (in PENCK & E. BRÜCKNER 1901–09) angelehnt. Diese treffen für die Nordische Vereisung, die mitteleuropäischen Mittelgebirge und für die deutschen Alpen weitgehend zu. Bei diesen hingen bis ins Spätglazial – im Gegensatz zu den Hochalpen – die hohen Firngebiete noch mit den Talgletschern zusammen. Zudem haben die Probleme dieser Forscher meist bereits mit dem Mittelpleistozän geendet. Gefragt ist jedoch neu eine solche weiter zurück, über das jüngste Miozän mindestens bis ins mittlere Tertiär.

6 Künftige Forschung in der Unteren und Oberen Süßwassermolasse

Die in dieser Arbeit mehr zusammenfassend dargelegten Gedanken über das Klima-Geschehen zur Zeit der Unteren und Oberen

Süsswassermolasse und des jüngsten Miozäns bedürfen noch vertiefender Feldbeobachtungen und gedanklich möglichst widerspruchsfreier Rekonstruktionen zur Bildung der Alpen. Ihre Prüfung muss leider an jüngere Generationen übergeben werden. Da diese multidisziplinärer Natur ist, sind geistig unvoreingenommene Naturwissenschaftler – mindestens was die Untere und Obere Süsswassermolasse sowie die höchsten Schotter der Ostschweiz anbetrifft – etwa junge, unternehmerische Mitglieder der St. Gallischen Naturwissenschaftlichen Gesellschaft – gefragt, welche ihre Arbeiten nach Spezialgebieten aufteilen und dann die Ergebnisse zu einem Ganzen zusammenfügen können. Von dieser Gesellschaft wurden schon meine älteren Kollegen, die beiden Molasseforscher Franz Hofmann und Ulrich Büchi vom Geologie-begeisterten Präsidenten, Friedrich Saxer, zu den Vorträgen und Exkursionen eingeladen und aufgefordert, aktiv mitzuwirken. Eine solch fruchtbare Zusammenarbeit von Forschung und den Berichten der Gesellschaft ist auch weiterhin sehr zu wünschen.

Literatur

- AGASSIZ, L. (1840): Etudes sur les Glaciers. – Neuchâtel et Soleure, Jent & Grossmann: 326 p. + Atlas.
- BLATTER, H. (1984): On the thermal Regime of Arctic glaciers. – Diss. SFITZ, NW 7596: XIII + 107 pp. – Axel Heiberg Isl. Res. Rep. Glac. 6.
- BOLLIGER, TH. & EBERHARD, M. (1989): Neue Faunen- und Florenfunde aus der Oberen Süsswassermolasse des Hörnligebietes (Ostschweiz). – Vjschr. natf. Ges. Zürich 134/2: 109–138.
- , FEJFAR, O., GRAF, H. R. & KÄLIN, D. (1996): Vorläufige Mitteilung über Funde von pliozänen Kleinsäugetern aus den Höheren Deckenschottern des Irchels (Kt. Zürich). – Eclogae geol. Helv. 89/3: 1043–1048.
- BÜCHI, U. P. (1950): Zur Geologie und Paläogeographie der südlichen mittelländischen Molasse zwischen Toggenburg und Rheintal. – Diss. Univ. Zürich – Kreuzlingen, Bodan: 99 S.
- CHARPENTIER, J. DE (1834): Annonce d'un des principaux résultats des recherches de M. VENETZ sur l'état actuel et passé des glaciers du Valais. – Vh. SNG Luzern.
- (1835): Sur la cause probable du transport des blocs erratiques de la Suisse. – Ann. mines (3^e) 8.
- (1837): Sur les blocs erratiques du Jura. – CR Acad. Sci. 5.
- (1841): Essai sur les glaciers et sur le terrain erratique du bassin du Rhône. – Lausanne.
- EBERHARD, M. (1987): Entwicklung von Sedimentation, Flora, Fauna und Relief von Mittelmiozän bis Quartär zwischen Arlberg (Vorarlberg/Tirol) und Adelegg (Allgäu). – Diss. Univ. Zürich, 242 S., 6 Taf., Quartär-Karte.
- EBERL, B. (1930): Die Eiszeitenfolge im nördlichen Alpenvorlande. – Augsburg.
- FRENZEL, B. (1967): Die Klimaschwankungen des Eiszeitalters. – Wiss. 129, Braunschweig.
- GAREFALAKIS, PH. (2018): Link between concentrations of sediment flux and deep crustal processes beneath the European Alps. – Sci. Rep. 2018, 8/1.
- GRAF, H. R. (1993): Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. – Diss. ETH Zürich, NW 10205: 151 S., sowie Mitautor bei zahlreichen Atlasblättern des Mittellandes.
- HABICHT, J. K. in: FUNK, H., HABICHT, J. K., HANTKE, R. & PFIFFNER, O. A. (2000): Erläuterungen zu Blatt 1115 Säntis. – Geol. Atlas Schweiz 1:25000, 78 – Schweiz. Geol. Komm.

- HANTKE, R. (1973): Des dépôts du Quaternaire le plus ancien dans la région frontière France–Allemagne–Suisse, indiquent-ils des glaciations remarquables au SW de la Forêt-Noire? – *Ann. Sci. Univ. Besançon (3^e)* 18, Géol.: 191–195.
- (1978, 1980, 1983): Eiszeitalter 1–3. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. – Thun, Ott: 468, 703, 730 S.
- (1986): Die Schweizer Jura-Nagelfluh. Mehrere Schüttungen in kühl- bis kaltzeitlichen Klima-Einbrüchen im Mittelmiozän? – *Mitt. aarg. natf. Ges.* 31: 53–73.
- (2006): Erläuterungen zu Blatt 1151 Rigi. *Geol. Atlas Schweiz* 1:25 000. – swisstopo, Wabern.
- (2011): Eiszeitalter – Kalt-/Warmzeit-Zyklen und Eistransport im alpinen und voralpinen Raum. – Bern, Ott: 570 S.
- (2019a): Zur jüngeren Erdgeschichte des westlichen Kantons Schwyz und seiner Umgebung. Ergänzungen zu den Erläuterungen zu Blatt 1151 Rigi und Nordteil von Blatt 1171 Beckenried des *Geol. Atlas Schweiz* 1:25 000, 116. – *Ber. schwyz. natf. Ges.* 18: 93–123.
- (2019b): Gebirgsabtrag und Talbildung in den Helvetischen Kalkalpen zwischen Berner Oberland und St. Galler Rheintal. – *Mitt. natf. Ges. Kt. Glarus* 22.
- (2019c): Zur Gliederung des Eiszeitalters; Deckenschotter, Mittel-, Ober- und Kollisionsmoränen, Nagelfluhen in der Unteren und Oberen Süsswassermolasse: Zeugen früherer Kaltzeiten. – *Mitt. natf. Ges. Kt. Glarus* 22.
- et al. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete 1:50 000. *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 112/2: 2 Karten + Erläuterungen S. 91–122.
- et al. (in Vorb.): Manuskript zu: Erläuterungen zur Geologischen Karte des Kantons Zürich 1:50 000, 2. Aufl. – *Geol. Landesaufn., Wabern, swisstopo*.
- & JÄGER, E. (1982): Protokoll der Exkursion nach Pedrinate–Chiasso 14./25. 4. 1982. – *Abt. Isotopen-geol. Univ. Bern*.
- , TRÜMPY, R. et al. (in Vorb.): Erläuterungen zu Blatt 1152 Ibergereg. *Geol. Karte Schweiz* 1:25 000. – *Manusk.: Geol. Landesaufn., Wabern, swisstopo*.
- HEER, O. (1846, 1848): Über die an der hohen Rhoden entdeckten fossilen Pflanzen. – *Vh. SNG (1846)*; *N. Jb. Min. (1848)*: 369–371.
- (1858): Die Schieferkohlen von Utznach und Dürnten. – Zürich, Orell-Füssli: 40 S.
- (1859): *Flora tertiaria Helvetiae*, 3. – Winterthur, Wurster: 378 S.
- (1864): Eröffnungsrede zur 48. Jahresversammlung der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft. – *Vh. SNG, Zürich* 3.
- HOFMANN, F. (1951): Zur Stratigraphie und Tektonik des st.gallisch-thurgauischen Miozäns (Obere Süsswassermolasse) und zur Bodenseegeologie. – *Diss. Univ. Zürich – Ber. st.gall. natw. Ges.* 74: 1–87.
- HSÜ, K. J. (1976): Als das Mittelmeer eine Wüste war. – *Mannheimer Forum* 75/76: 119–172.
- (1982): Ein Schiff revolutioniert die Wissenschaft. Die Forschungsreisen der Glomar Challenger. – Übers. W. Hähnel. – Hamburg, Hoffmann & Campe: 304 S., 67 Zeichn., 23 Abb.
- (1984): Das Mittelmeer war eine Wüste. Auf Forschungsreisen mit der Glomar Challenger. – Übers. J. Rehork. – München, Harnack: 200 S., 40 Fig.
- JÄGER, E. & HANTKE, R. (1983): Die Entwicklungsgeschichte der Alpen. – *Naturw.* 70/5: 209–215.
- & – (1984): Evidenzen für die Vergletscherung eines alpinen Bergeller Hochgebirges an der Grenze Oligozän/Miozän. – *Geol. Rdsch.* 73/2: 567–575.
- KAUFMANN, F.-J. (1872): Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. – *Beitr. geol. Karte Schweiz*, 11.
- KLEIBER, K. (1938): Geologische Untersuchungen im Gebiet der Hohen Rone. – *Eclogae geol. Helv.* 30/2: 419–430.
- KÜRSTEINER, P. & KLUG, CH. (2018): Fossilien im Alpstein – Kreide und Eozän der Nordostschweiz. – Schwellbrunn, Appenzeller Verlag.
- KUHN, B. F. (1786): Versuch über den Mechanismus der Gletscher. – Höpfners *Mag. Naturkde. Helvetiens* 1.
- KYBURZ, W. (1968): Untersuchungen in der unteren OSM im Raume Rüti–Eschenbach–Goldingen. – Unpubl. Dipl.-Arb. Univ. Zürich. – *Dep. Bibl. GI ETH+UZ*.
- MILANKOVITCH, M. (1941): Kanon der Erdbestrahlung und seine Anwendung auf das Eiszeitenproblem. – *Acad. Roy. Serbe, Sect. Sci. Math. et Natur.* 33. – *Ed. spec. Acad. Roy. Serbe* 132: 633 pp.
- MORLOT, A. (1858): Sur le terrain quaternaire du bassin du Léman. – *B. Soc. vaud. sci. nat.* 4.
- (1859): Über die quartären Gebilde des Rhonegletschers. – *Vh. SNG, Bern* 1859.

- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1901–09): Die Alpen im Eiszeitalter 1–3. – Leipzig, Tauchnitz.
- SCHWARZBACH, M. (1950, 1961, 1974): Das Klima der Vorzeit: Eine Einführung in die Paläo-Klimatologie. – Stuttgart, Enke. 1961: 2. Aufl., 1974: neu bearb. 3. Aufl.
- SCHLUNEGGER, F. (1995): Magnetostratigraphie und fazielle Entwicklung der Unteren Süsswassermolasse zwischen Aare und Limmat. – Diss. Univ. Bern.
- SPECK, J. (1953): Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee und Versuch einer paläogeographischen Auswertung. – Diss. Univ. Zürich. – Zug, Kalt-Zehnder: 175 S.
- STÜRM, B. (1973): Die Rigi-Schüttung – Sedimentpetrographie, Sedimentologie, Paläogeographie, Tektonik. – Diss. Univ. Zürich: 96 S.
- TRÜMPY, R. (1977): The Engadine Line: a Sinistral Wrench Fault in the Central Alps. – Geol. Soc. China 2: 1–10.
- VENETZ, I. (1830): Sur l'ancienne extension des glaciers et sur leur retraite dans leurs limites actuelles. – Actes SHSN 15 Grand St-Bernard (1829).
- (1833): Mémoire sur les variations des températures dans les Alpes de la Suisse. – N. Denkschr. allg. Schweiz. Ges. ges. Natw. 1/2.
- (1843): Sur le glacier du Rhône et les anciens glaciers jurassiens. – Actes SHSN 28.
- (1861): Mémoire sur l'extension des anciens glaciers. – N. Denkschr. allg. Schweiz. Ges. ges. Natw. 18.
- WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. – Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 156.
- et al. (1988): Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). – Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 162.
- WOLDSTEDT, P. (1961): Das Eiszeitalter: Grundlinien einer Geologie des Quartärs. – 3. Aufl. – Stuttgart.
- & DUPHORN, K. (1974): Norddeutschland und angrenzende Gebiete im Eiszeitalter. – Stuttgart.

