

Geologischer Atlas der Schweiz

Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Blatt

1151 Rigi

mit Nordteil von Blatt **1171 Beckenried**

Topografie: Landeskarte der Schweiz 1:25 000

(Atlasblatt 116)

Erläuterungen

verfasst von

RENÉ HANTKE

2006

Herausgegeben vom Bundesamt für Landestopografie

Publié par l'Office fédéral de topographie

Geologischer Atlas der Schweiz

Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Blatt

1151 Rigi

mit Nordteil von Blatt **1171 Beckenried**

Topografie: Landeskarte der Schweiz 1:25 000

(Atlasblatt 116)

Erläuterungen

verfasst von

RENÉ HANTKE

Mit 9 Textfiguren, 2 Tabellen und 1 Tafelbeilage

2006

Herausgegeben vom Bundesamt für Landestopografie

Publié par l'Office fédéral de topographie

Empfehlung für die Angabe in einem Literaturverzeichnis

Karte:

HANTKE, R., mit Beiträgen von BOLLINGER, D. (2006): Blatt 1151 Rigi, mit Nordteil von Blatt 1171 Beckenried. – Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Karte 116.

Erläuterungen:

HANTKE, R. (2006): Blatt 1151 Rigi, mit Nordteil von Blatt 1171 Beckenried. – Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Erläut. 116.

Vertrieb: Bundesamt für Landestopografie, CH-3084 Wabern

© 2006, Bundesamt für Landestopografie, CH-3003 Bern-Ittigen. – Alle Rechte vorbehalten. Übersetzungen und analoge oder digitale Vervielfältigungen dieses Dokuments oder von Teilen davon, die nicht ausschliesslich dem privaten Eigengebrauch dienen, sind nur mit Erlaubnis des Herausgebers gestattet.

ISSN 1420-2913

ISBN 978-3-302-40014-3

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	4
Einleitung	5
Stratigraphie	7
Helvetikum	7
Helvetische Randkette	7
Kreide	7
Tertiär	12
Subalpine «Randflysch-Zone»	15
Molasse	18
Subalpine Molasse	19
Rigi-Rossberg-Schuppe	19
Untere Meeresmolasse (UMM)	19
Untere Süsswassermolasse (USM)	20
Zur Paläogeographie der Rigi-Schüttung	28
Teuffibach-Schuppenzone	31
Untere Süsswassermolasse (USM)	31
Rigi-Basisschuppe	32
Untere Süsswassermolasse (USM)	32
St. Jost(= Grindelegg-)Schuppe	32
Untere Süsswassermolasse (USM)	32
Höhronen-Schuppe	33
Untere Süsswassermolasse (USM)	33
Aufgerichtete mittelländische Molasse	34
Untere Süsswassermolasse (USM)	34
Obere Meeresmolasse (OMM)	34
Quartär	36
Pleistozän	36
Holozän	43
Tektonik	51
Aufgerichtete mittelländische Molasse	51
Subalpine Molasse	51
Helvetikum	57
Ur- und Frühgeschichte	62
Bohrungen	64
Hydrogeologie	65
Mineralische Rohstoffe	68
Literaturverzeichnis	70
Kartenverzeichnis	76

VORWORT

1956 wurde René Hantke von der damaligen Schweizerischen Geologischen Kommission angefragt, Atlasblatt Rigi vollständig aufzunehmen. Die Feldaufnahmen erfolgten daraufhin 1958–60 sowie mit Unterbrüchen 1970–2003.

Bei seinen Erhebungen konnte sich der Autor neben seiner Habilitationskartierung von 1956–60 auf folgende Kartierungsunterlagen stützen:

- Dissertationskartierung von Bruno Stürm (1970–1972)
- Diplomkartierung von Markus Berset (1984)
- Verschiedene Kartierungen von Joseph Kopp† (1934–1963)

Die von René Hantke abgegebene Manuskriptkarte wurde durch eine in den Jahren 2002–2003 durchgeführte Revision der Rutschungs- und Sackungsgebiete von Daniel Bollinger ergänzt.

Bei der Realisierung der Karte und der vorliegenden Erläuterungen haben viele Fachkollegen mit ergänzenden Informationen und kritischen Bemerkungen beigetragen, wofür Ihnen die Landesgeologie sehr zu Dank verpflichtet ist. Es sind dies: Dr. D. Bollinger, Dr. R. M. Burkhalter, Dr. B. Engesser, Dr. H. Furrer, T. Gubler, Dr. B. Keller, Dr. U. Menkveld, Dr. B. Rick, Dr. B. Stürm, Dr. A. Wildberger und Dr. G. Wyssling. Die Herren Dr. H. P. Funk und Prof. Dr. F. Schluneger reviewten im Auftrag der Schweizerischen Geologischen Kommission Karte und Erläuterungen.

Die kartographischen Arbeiten an Blatt Rigi wurden von Bruno Reber, Peter Plocek und Pascal Marguerat vom Bundesamt für Landestopografie durchgeführt.

August 2006

Bundesamt für Landestopografie
Geologische Landesaufnahme

EINLEITUNG

Geographisch-geologischer Überblick

Das Gebiet von Blatt 116 Rigi des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 kann morphologisch in vier Bereiche gegliedert werden: im NW das flache Hügelland der aufgerichteten und verfalteten Molasse mit ihren SW-NE verlaufenden Rippen; südlich anschliessend die Rigi (1797 m) mit ihren charakteristischen, durch Mergellagen getrennten Nagelfluhbänken, den Rigenen, ihrer östlich anschliessenden Fortsetzung, dem Rossberg; sowie südlich der schlecht aufgeschlossenen Zone des «Randflysches» das südlichste landschaftsprägende Element, die mehrfach verscherte helvetische Randkette mit Bürgenstock, Vitznauer- oder Gersauerstock, der Hochflue und dem Urmiberg.

Erforschungsgeschichte

Die 1360 erstmals urkundlich als Riginun erwähnte Rigi zwischen Mittelland und Alpen weckte mit dem im späten 16. Jahrhundert aufkommenden Wallfahrts- und Bäder-Tourismus (WEBER 1991), EBELS (1793) Reiseanleitung, den 1804 von KELLER (1823) gezeichneten Rigi-Ansichten, den 1815 und 1818 gestochenen Panoramen von PFYFFER VON WYHER (1820) graphische und schon Ende des 18. Jahrhunderts erste erdwissenschaftliche Interessen. Erste Informationen zur Geologie der Rigi lieferte DE SAUSSURE (1796). ESCHER (Manusk. 1795, ergänzt 1807, 1811, 1812) und EBEL (1808, 1811) beschrieben bei Lauerz und im «scheusslich wilden» Teuffibachtobel nördlich Gersau die Lagebeziehungen von Kalkgebirge und Nagelfluh-Formation, das scheinbare Aufliegen der Kalkstein- auf die Nagelfluh-Formation, welches Hans Conrad Eschers Sohn Arnold (ESCHER 1847) im Teuffibachtobel bei Gersau später als tektonische Überlagerung erkannte.

BUXTORF (1913) veröffentlichte zusammen mit BAUMBERGER, der damals die Rigi-Molasse jedoch noch als Miozän betrachtete, eine geologische Karte der Hochflue-Kette mit Profilserie und Erläuterungstext sowie 1916 mit weiteren Autoren die geologische Vierwaldstättersee-Karte 1:50 000. STÜRM (1973) untersuchte und gliederte die Molasse der Rigi. Den magnetostratigraphischen Arbeiten von SCHLUNEGGER (1995) verdanken wir die genaue chronostratigraphische Einordnung der Rigi-Molasse.

Verdankung

Im Feld begleiteten mich Dr. h.c. H. Seitter† und W. Schatz, St. Gallen, H. Winterberg, Studen SZ, A. Hermann, Zürich, F. Stauffer, Huttwil, und O. Wüest, Weggis. Mit Frau G. Büchi wurde nach dem fraglichen neolithischen Schalenstein gesucht, den BUXTORF (1910) in seiner Karte eingetragen hatte.

Dank gebührt ferner Dr. P. Herger und B. Hotz vom Naturmuseum, Dr. B. Keller von Mengis & Lorenz, Dr. F. Schenker, Dir. P. Wick vom Gletschergarten, Luzern, Prof. Dr. F. Schlunegger, Bern, E. Müller, Frauenfeld, und A. Rissi, Zürich, für das Überlassen von Kartierungsausschnitten, F. Beeler, Schwyz, und H. Köchli, Goldau, von den Rigi-Bahnen und Dr. K. Louis, Weggis, für ihre Mithilfe. Prof. Dr. A. E. Scheidegger, Wien, übernahm Messungen und Auswertung der Klüfte. Frau R. Pappa und W. Kipfer, Kilchberg, sammelten im Abrissgebiet des Goldauer Bergsturzes und an der Halsegg fossile Pflanzen; O. Wüest, Weggis, fand Palmreste in einer Baugrube in Weggis. Mit Dr. R. Frei nahm ich vor über 40 Jahren an der Egg östlich der Hochflue ein Detailprofil auf; mit A. Vogel, Emmenbrücke, verbindet mich eine gemeinsame Publikation über die Entwicklung der geologischen Forschung um die Rigi. F. Auf der Maur, Schwyz, verdanke ich Hinweise auf mittelalterliche Alpwüstungen, J. Gasser, Schwyz-Seewen, die Beschaffung von Manuskripten, Bohrungen und Hinweise über die beim Strassenbau veränderten Standorte von Erratikern. G. Waldis, Vitznau, verdanke ich Hinweise zur Wasserversorgung von Vitznau, Dr. H. Meier und T. Reichlin, beide Goldau, solche zum Goldauer Bergsturz.

STRATIGRAPHIE

HELVETIKUM

HELVETISCHE RANDKETTE

Kreide

c₁ **Öhrli-Formation** (Berriasien)

Die Öhrli-Formation als tiefste aufgeschlossene lithostratigraphische Einheit ist einzig in der Hochflue-Schuppe vertreten. Es ist allerdings nur die obere Abteilung (oberer Öhrli-Kalk und oberer Öhrli-Mergel) aufgeschlossen.

Öhrli-Mergel

Am N- und NW-Abhang des Vitznauerstocks SSE von Rüfli bestehen sie aus 30 m sandigen, braunen Mergeln und Mergelkalken mit dünnen Kalkbänken. Die untersten schiefrigen Mergel sind gefältelt und ruhen auf subalpinen Stad-Mergeln, von denen sie sich vor allem durch das Fehlen von Glimmerschüppchen unterscheiden.

Öhrli-Kalk

Über den Öhrli-Mergeln folgt am Vitznauerstock eine 30 m mächtige Wechsellagerung von oolithischen Kalken und Mergeln, der Öhrli-Kalk, der am Nordabsturz der Hochflue mit einer Lumachelle mit *Exogyren* die Grenze zu den Vitznau-Mergeln bildet. Ein vollständiges Detailprofil vom Öhrli-Kalk bis zum Helvetischen Kieselkalk beschreibt ISCHI (1978) vom Vitznauerstock.

c_{2m} **Vitznau-Mergel** (Valanginien)

Bei den Vitznau-Mergeln handelt es sich um braune, glimmerreiche Mergel; Kalkknollen sind spärlicher. Das Typusprofil liegt an der Nordwestseite des Vitznauerstockes (BURGER & STRASSER 1981: Taf. 3). Infolge tektonischer Beanspruchung variiert die Mächtigkeit zwischen 0 und 100 m.

Fossilien sind selten; neben *Arctostrea rectangularis* findet sich *Exogyra couloni* im Lätttobel (1 km SE von Vitznau); weit verbreitet sind Serpeln.

c_{2k} Betlis-Kalk (Valanginien–frühes Hauterivien)

Im Gebiet des Vierwaldstättersees (Randkette und Axen-Decke) ist der untere Teil des Betlis-Kalkes als Kalk-Mergel-Wechsellagerung ausgebildet. Diese Wechsellagerung – Spitzern-Kalk und Spitzern-Mergel (BUXTORF 1916) – wird als Spitzern-Schichten bezeichnet (BURGER & STRASSER 1981).

Spitzern-Schichten (Spitzern-Kalk und Spitzern-Mergel)

Die Spitzern-Schichten, vorwiegend Biopelmikrite, sind an der Spitzern, der Typlokalität (1259,6 m, 1 km SE der Hochflue) gut entwickelt, ebenso südlich der Wissiflue und auf dem Ochsenboden am SW-Hang des Gottertli. BURGER & STRASSER (1981: 546ff., Taf. 4) haben dort ein mikrolithologisches Detailprofil durch die Wechsellagerung von wulstigen, 2–25 cm dicken Kalkbänken und 5–15 cm dicken mergeligen Zwischenlagen aufgenommen. Am Nordhang der Hochflue-Schuppe ist der Spitzern-Kalk um 20 m mächtig, am Gersauerstock, SSE von Rufli, ist er als dünnbankiger, sandig-spätiger Kalk ausgebildet. In der Urmiberg-Schuppe sind es 15–20 m bräunliche, dünnbankige sandige Kalke, vom Liegenden und Hangenden deutlicher getrennt; an der Nordseite der Unter Nas am östlichen Bürgenstock 20–30 m.

In der Hochflue-Schuppe bilden die Spitzern-Mergel am Nordabfall eine 8 m mächtige Folge vegetationsbedeckter Mergel mit dünnen, siltigen Kalkbänken. Am Gersauer-/Vitznauerstock sind es von Mergeln durchsetzte Kalke; sie verwittern leichter als die Kalke im Liegenden und im Hangenden.

In der Urmiberg-Schuppe bestehen sie aus einer 10–15 m mächtigen, regelmässigen Wechselfolge von braunen Mergeln und dünnen, oft knolligen Kalken, die an Vitznau-Mergel erinnern, aber fossilarm sind. Am SW-Hang des Gottertli und an der Spitzern bilden sie eine markante Kehle zwischen Spitzern-Kalk (unten) und Betlis-Kalk (oben). Auf der Nordseite des Bürgenstock stehen sie am Weg Kehrsiten-Bürgenstock, 800 m vom westlichen Kartengebietsrand (Blatt Beckenried) an; an der NE-Seite der Unter Nas erreichen sie 25 m.

Betlis-Kalk

In der Hochflue-Schuppe besteht der Betlis-Kalk aus 25–30 m gelblich anwitternden, gebankten Kalken. Diese sind feinspätig, seltener oolithisch und führen oft dunkle Kieselknollen. In den obersten 3,2 m treten undeutliche Kalkknollen, grobsandige, glaukonitische Nester und vereinzelte Belemniten auf. Über einem knolligen, phosphoritierten, teils verkieselten Hartgrund folgen maximal 20 cm Gemsmättli-Schicht und dann Helvetischer Kieselkalk. Die am westlichen Pilatus, am Gemsmättli, als fossilreicher glaukonitischer Kalkhorizont ausgebildete Gemsmättli-Schicht ist meist als wenige Zentimeter dicke, kieselige Kruste entwickelt; am Vitznauerstock wittert sie braun, an der Hochflue schwarz

an. Auch in der Urmiberg-Schuppe haftet die Gernsmättli-Schicht als wenige Zentimeter dicke, sandig-glaukonitische Kruste auf dem Betlis-Kalk, ebenso in der Bürgenstock-Teildecke auf der Nordseite des Bürgenstocks. Beim Ochsenboden südlich der Hochflue fand BUXTORF (1916) *Neocomites neocomiensis* (D'ORB.) und *Lissoceras grasi* (D'ORB.). Mit der Glaukonitlage setzte die Sedimentation langsam wieder in tieferem Wasser ein und leitete zu spikulitischen Kieselkalken des Hauteriviens über.

In der Urmiberg-Schuppe ist der hell anwitternde, dickbankige Betlis-Kalk 20–30 m mächtig. An der Bürgenstock-Nordseite, wo er aus Spitzern-Mergel hervorgeht, ist er im unteren Teil mergelig, im oberen massig, feinspätig ausgebildet und von Kalzitadern durchsetzt.

An der Basis der Urmiberg-Schuppe konnte nördlich der Züggelenflue (nördlich Brunnen) – entgegen BUXTORF (1913) – kein Betlis-Kalk festgestellt werden.

c₃ **Helvetischer Kieselkalk (Hauterivien)**

Die Bezeichnung Helvetischer Kieselkalk wurde von FUNK (1969) eingeführt, um die Formation klar von anderen in der Schweiz vorkommenden Kieselkalken abzutrennen. Lithologisch lassen sich in der Randkette im Helvetischen Kieselkalk von oben nach unten vier Einheiten unterscheiden:

- Kieselkalk-Echinodermenbrekzie
- Oberer Kieselkalk
- Lidernen-Member
- Unterer Kieselkalk (inkl. «Schiefer» der Kieselkalk-Basis)

Die «Schiefer» der Kieselkalk-Basis sind in der Hochflue-Schuppe bis 2 m mächtig; in der Urmiberg-Schuppe schwellen sie bis 6 m an. Am nördlichen Bürgenstock führen die untersten «Schiefer» – wie am Pilatus – reichlich Glaukonit.

Der dunkel anwitternde Kieselkalk, ein dunkelgrauer feinspätig-kieseliger Sandkalk mit Kieselknollen, feinverteiltem Pyrit und oft etwas Glaukonit, verwittert mit brauner, poröser Kruste. Wenig über der Mitte wird er durch das glaukonitische Lidernen-Member – in der Urmiberg-Schuppe um 1,5 m mächtig – mit *Toxaster complanatus* LOR. (= *T. retusus* LAM.) in einen unteren und einen oberen Anteil unterteilt. Die Glaukonitschicht mit Belemniten (Lidernen-Member) ist am Ostgrat des Gottertli gut aufgeschlossen. Sie ist in der Zentralschweiz von der Bächistock-Decke des Rossstocks in der Axen-Kette und vom Pilatus bekannt. Vom Kleinstöckli (Koord. 681.5/206.7) hat schon KAUFMANN (1872) eine Seeigelsbank erwähnt. In der Hochflue-Schuppe ist der Kieselkalk 150 m mächtig; in der Urmiberg-Schuppe steigt er gegen 250 m an und erreicht in der Bürgenstock-Teildecke sogar 250–300 m. Die Bänke sind 20–30 cm mächtig und werden durch dün-

ne, siltige Mergellagen getrennt. Im Steinbruch Obermatt (Koord. 675.90/216.05) sind im unteren Kieselkalk des Bürgenstocks Erdölspuren festgestellt worden.

Die Kieselkalk-Echinodermenbrekzie tritt im obersten Abschnitt des Kieselkalkes auf. In der Hochflue-Schuppe sind es 10–25 m mächtige, gelblich-braun anwitternde, spätige Kalke; sie erinnern an Betlis-Kalk, unterscheiden sich aber durch eingesprengte Glaukonitkörner. In der Urmiberg-Schuppe geht die Kieselkalk-Echinodermenbrekzie mit 10–15 m aus dem Oberen Kieselkalk hervor. In den spätigen, glaukonitischen Kalken treten Belemniten und Austernschalen (*Exogyra sinuata* [Sow.]) auf.

c_{4m} Drusberg-Formation (Hauterivien–Barrémien)

Die Drusberg-Formation ist in beiden Schuppen ähnlich ausgebildet, unten 15 m leicht verschieferte Mergel, zunächst noch mit Glaukonitkörnern, darüber 35–40 m Mergelschiefer und kieselkalkähnliche Lagen mit seltenen *Exogyra sinuata*. Zuoberst folgen knollig-tonige und schrattenkalkähnliche Kalke und Mergelzwischenlagen mit verkieselten Exogyren und Arctostreen; in den obersten Kalkbänken ist *Serpula pilatana* MAY. häufig. Die Fossilführung ist in der Hochflue-Schuppe reicher als in der Urmiberg-Schuppe.

Als wenig mächtige, glaukonitische Kalke bildet das Altmann-Member in der Hochflue-Schuppe einen 1 m mächtigen Leithorizont an der Basis; in der Urmiberg-Schuppe geht es aus der Kieselkalk-Echinodermenbrekzie hervor. NE von Usser Fönenberg ENE von Gersau sind Funde von schlecht erhaltenen Ammoniten (Crioceraten) bekannt.

c₄₋₅ Schratten-Formation (Schrattenkalk, Barrémien–Aptien)

Der untere Teil des Schrattenkalks, ein hellgrauer, zoogener Kalk, ist meist spätig, selten onkoidisch, bildet helle Wände und baut Gipfel und Grate auf: z.B. Obere Stockflue und Hochflue. Die Ausbildung ist in beiden Schuppen dieselbe; mit fast 100 m ist der untere Teil des Schrattenkalks in der Urmiberg-Schuppe mächtiger. Querschnitte von *Requienia ammonica* GOLDF. und *Agriopleura* sp. sind häufig.

Der mittlere Schrattenkalk (= Untere Orbitolinenschichten) besteht aus einer 20–45 m mächtigen Wechselfolge von rötlich-braun anwitternden, gegen oben sandigen Kalken und bräunlichen fossilreichen Mergelkalken mit *Palorbitolina lenticularis* (LAM.), *Holaster oblongus* DELUC und *Rhynchonella gibbsiana* SOW. Die Grenze gegen den oberen Teil des Schrattenkalks ist durch eine bräunlich anwitternde Siltsteinbank markiert. Der mittlere Schrattenkalk bildet häufig ein mächtiges, deutlich zurückwitterndes Wald- oder Grasband zwischen den kahlen, schroffen Wänden des unteren und oberen Schrattenkalkes.

Der obere Teil des Schrattenkalks, lithologisch vom unteren kaum zu unterscheiden, wittert zuweilen etwas bräunlicher an. In der Hochflue-Schuppe erreicht

er 20–30 m, in der Urmiberg-Schuppe bis 60 m. Auch er bildet Wände und Grate: Untere Stockflue, Züggelenflue, Vitznauerstock. Eine Abtrennung von den oberen Orbitolinienbänken lässt sich nur am Bürgenstock und nördlich von Chräjen (1,5 km NNW von Brunnen) durchführen. *Palorbitolina lenticularis* ist – wie in den obersten Bänken am Gersauer-/Vitznauerstock – häufig. Neuerdings wurden knapp ausserhalb des Kartengebietes, im Steinbruch Risleten bei Beckenried, Dinosaurierspuren bekannt (MEYER & THÜRING 2003). Sie belegen, dass Teile des oberen Schrattenkalks unter extremen Flachwasserbedingungen abgelagert wurden.

Garschella-Formation (Aptien–Albien)

Die Garschella-Formation (FÖLLMI & OUWEHAND 1987) besteht aus zwei Schichtgliedern: Brisi-Member (c_6) und Selun-Member (c_{6-80}).

c_6 Brisi-Member (spätes Aptien)

Die Garschella-Formation beginnt in beiden Kreide-Schuppen am Alpenrand mit dem Brisi-Member. Der Brisi-Kalk, ein oft glaukonitischer Echinodermen-Spatkalk, transgrediert auf oberen Schrattenkalk. Östlich von Gersau tritt an der Basis glaukonitischer Sandstein, Brisi-Sandstein, auf. Neben groben Spatkalen finden sich kieselig-spätige Kalke. In der Hochflue-Schuppe fehlen sie mit Ausnahme eines kleinen Vorkommens SE von Schlänggen, 1,3 km NE von Gersau, und südlich des Gersauerstocks infolge prämitteleozänen Abtrages. In der Urmiberg-Schuppe beträgt die Mächtigkeit 10–20 m.

c_{6-80} Selun-Member (Albien–frühes Cénonanien)

Über dem Brisi-Member folgt mit scharfer Grenze das Selun-Member. In der Urmiberg-Schuppe und in der Bürgenstock-Teildecke lassen sich darin unterscheiden:

Die Durschlägi-Schicht mit fossilreichen Kondensationshorizonten des frühen Albien; zunächst die Durschlägi-Fossilschicht mit aufgearbeitetem Brisi-Kalk, Phosphoritknollen und gerollten, zuweilen noch erkennbaren Ammoniten: *Hypacanthoplites milletianum* (D'ORB.) und *Douvilleiceras mammilatum* (SCHLOTH.) und in höheren Kondensationshorizonten mit *Inoceramus concentricus* PARK. und kleinen Schnecken-Steinkernen.

Gegen oben geht die Durschlägi-Schicht über in einige Meter Fluebrig-Schichten, graue siltige Mergelschiefer, basal mit Glaukonit, der rasch abnimmt, vereinzelt kleinen Belemnitenrostren, *Neohibolites minimus* (MILLER), und feinsten Glimmerschüppchen. In Gersau fand sich vor dem Neubau der Uferstrasse *Hoplites* (*H.*) *dentatus* (SOW.). Über den Mergeln stellen sich helle siltige Kalkbänke ein, die rasch durch grosse Kalkknollen abgelöst werden. Dazwischen

treten glaukonithaltige, sandige Schichtfugen auf. Gegen oben gehen die Kalkknollen in kleinere siltige, leichter verwitternde Knollen in dunkelgrüner, sandig-glaukonitischer und resistenterer Matrix, in «Knollenschichten», über, so dass sie als Vertiefungen im Gestein erscheinen. Die Knollenfazies der insgesamt 10–15 m mächtigen Aubrig-Schicht wird gegen oben immer ärmer an Kalkknollen, die Matrix zunehmend glaukonitischer und sandig-kieseliger.

Im zähen Glaukonitsandstein stellt sich mit der 1 m mächtigen Kamm-Schicht erneut ein Kondensationshorizont ein mit *Mariella (M.) bergeri* (BRNGT.), *Hamites* sp. und *Neohibolites* sp. An der Basis erscheint sie sandig-glaukonitisch; gegen oben ist der Glaukonit flaserig-schlierig verteilt und verleiht dem Gestein pseudokonglomeratisches Aussehen. Der Kalk wird seewenkalkartig, führt aber zunächst noch Glaukonit.

c₉ **Seewen-Kalk** (spätes Céomanien–Turonien)

Der Seewen-Kalk, ein mikritischer, hellgrauer, flaserig-gebankter Kalk mit dunklen, welligen Tönhäuten, ist reich an Mikroorganismen, an Globotruncanen und an Calcisphaeren. In der Hochflue-Schuppe fehlt er im Osten infolge prä-mittelozeänen Abtrages an der Hochflue und am Osthang des Vitznauerstocks; er setzt erst westlich der Wissiflue (1 km SE von Vitznau) wieder ein und lässt sich als wenige Meter mächtige Schicht gegen Bürglen und Schiberen (Ober Nas) verfolgen (BRÜCKNER 1956). Bei Chräjen NW von Brunnen stellen sich in der Urmiberg-Schuppe und am Bürgenstock in tieferen Bänken Einlagerungen von Rotem Seewen-Kalk ein; sie bekunden mit *Helvetoglobotruncana helvetica* (BOLLI 1945) die Nähe der Cenomanien/Turonien-Grenze.

In der Urmiberg-Schuppe zeigt er am Ostende des Urmiberg bei Seewen, der Typlokalität, mit über 100 m seine volle Mächtigkeit. Die obersten, dünnplattigen Bänke unter der mittelozeänen Transgressionsfläche deuten den Übergang zum Choltal-Member (OBERHÄNSLI-LANGENEGGER 1978) an. In der Bürgenstock-Teildecke erreicht der Seewen-Kalk 80 m. Eigentliche Choltal-Schichten fehlen in der Urmiberg-Schuppe und am Bürgenstock; sie treten erst in dessen westlicher Fortsetzung, am Rotzberg (Blatt Alpnach), auf.

Tertiär

Einleitung

(weitgehend nach HERB 1988 und MENKVELD-GFELLER 1994, 1997)

Nach einer präeozeänen Erosionsphase setzen im Helvetikum der Zentralschweiz die Ablagerungen des helvetischen Tertiärs auf einer gegen NW immer unvollständigeren Kreideabfolge ein. Es handelt sich dabei um eine in nordwest-

licher Richtung transgredierende Sedimentabfolge, die jeweils mit kalkigen, sandigen oder glaukonitreichen Flachwassersedimenten beginnt und mehrere Transgressions-Regressionszyklen umfassen kann.

Im Anschluss an die neritische Sedimentation wurde eine stark diachrone Abfolge von hemipelagischen bis pelagischen Mergeln abgelagert, die Stad-Mergel. Während ihre Ablagerung im SE schon im mittleren Eozän einsetzte (Lutétien), erreichten sie die nordöstlichen Bereiche des helvetischen Raums erst im späten Eozän (Priabonien).

Nach den Stad-Mergeln folgte eine ebenfalls diachrone Flyschserie, deren Ablagerungsbereich im Verlauf des Eozäns und frühen Oligozäns den gesamten Raum des Helvetikums von SE nach NW durchquerte, ehe die Sedimentation mit der Überdeckung der von SE heranrückenden Deckenfront ihr Ende fand.

Die Diachronie des Helvetischen Tertiärs widerspiegelt sich auch auf dem Gebiet des Atlasblattes Rigi. In der Helvetischen Randkette transgrediert die luteitische Bürgen-Formation auf Seewen-Kalk, stellenweise sogar auf den oberen Teil des Schrattenkalks. Erst nach der Ablagerung der Wildstrubel-Formation (Bartonian) setzt die priabone Sedimentation der hemipelagischen bis pelagischen Stad-Mergel ein. In der tektonischen Unterlage der Randkette, der subalpinen «Randflysch-Zone», einem tektonischen Mélange, treten wesentlich ältere Stad-Mergel auf; sie umfassen den Zeitbereich Lutétien–Priabonien und schliessen als jüngstes Schichtglied noch einen südhelvetischen Flysch, den Burg-Sandstein, ein. Diese Stad-Mergel stammen aus einem paläogeographisch südlicheren Bereich der Helvetischen Decken, was sich auch in der vorgängigen Sedimentation der früh-eozänen Einsiedeln-Formation und ihrer Auflagerung auf der Amden-Formation äussert. Das Helvetische Tertiär der subalpinen «Randflysch-Zone» verdankt seine ungewohnte tektonische Stellung (proximalere Sedimente in tektonisch tieferer Stellung) dem frühen Abgleiten vom Rücken der Helvetischen Decken und nachträglichem Überfahren bei deren Platznahme.

Auf den spätkretazischen Seewen-Kalk transgrediert das alpine Alttertiär; es umfasst von oben nach unten:

- Stad-Mergel e_6
- Wildstrubel-Formation e_5
- Bürgen-Formation e_4

e_4 **Bürgen-Formation (Lutétien)**

Die mitteleozäne Bürgen-Formation zeigt eine deutliche Dreiteilung (Bürgen-Grünsand, Bürgen-Kalk und Foribach-Member, MENKVELD-GFELLER 1997) Sie umfasst in der Hochflue-Schuppe über dem Basis-Grünsand (Bürgen-Grünsand) meist kalkige, lokal sandig ausgebildete, 10–20 m mächtige, gelbbraunlich

anwitternde Kalke, erfüllt von Nummuliten – *Nummulites millecaput* BOUBÉE (= *N. complanata* LAM.), *N. helvetica* KAUFM., *Discocyclina discus* (RÜTIM.) – und Assilinen – *Assilina exponens* SOW. Am Westgrat des Vitznauerstocks sind Lithothamnien eingestreut. Die obersten Bänke enthalten zuweilen Glaukonit, so an der Wissiflue.

In der Urmiberg-Schuppe liegt das einzige, aber ausgedehnte Vorkommen der Bürgen-Formation am SE-Abhang des Urmibergs: Es zeichnet sich aus durch glaukonitische Fazies. Nach mehreren Metern schwarzgrünem, glaukonitreichem Sandkalk mit Assilinen, Nummuliten und Discocyclinen fand ARN. HEIM (1908) darin bei Seewen, 100 m SSW von P. 450 (Blatt Ibergereg), ein eingeschlossenes Geröll von Habkern-Granit.

In der Bürgenstock-Teildecke transgredieren Grünsande (Bürgen-Grünsand) auf Seewen-Kalk. BUXTORF (1910) erkannte eine Diskordanz von 2° gegen Süden zwischen Kreide und Alttertiär. In den untersten Schichten treten häufig Inoceramen-Bruchstücke auf; sie stammen aus dem Seewen-Kalk und sind sekundär in den Grünsand eingebettet worden. Grünsand und Glaukonit-Sandkalk werden 15 m mächtig; in den oberen Lagen enthalten sie massenhaft *Assilina exponens*, *Nummulites millecaput* und grosse Discocyclinen. Aus dem Grünsandkalk (Bürgen-Grünsand) entwickelt sich eine 25 m mächtige Folge von dickbankigen, gelblich anwitternden Nummulitenkalken (Bürgen-Kalk) mit nur geringem Glaukonitgehalt. *Nummulites millecaput* und *N. helvetica* treten gesteinsbildend auf. Am Südufer der Unteren Nas enthalten sie Lithothamnien. An der Obergrenze der Nummulitenkalke liegt zuweilen ein 0,5–1 m mächtiger oberer Grünsand vor (Foribach-Member), wiederum mit massenhaft *N. millecaput* und einer Molluskenfauna mit *Chlamys* sp.

e₅ **Wildstrubel-Formation** (Bartonien – ?Priabonien)

Die Wildstrubel-Formation (MENKVELD-GFELLER 1994) besteht aus den zwei Schichtgliedern Küblibad-Schicht und Hohgant-Schiefer, die jedoch auf der Karte nicht aufgetrennt dargestellt werden konnten.

Küblibad-Member

Das basale, geringmächtige Küblibad-Member (Obbürgen-Schicht, BUXTORF 1910) ist eine Glaukonit führende, quarzitisches Sandsteinbank.

«Hohgant-Schiefer»

Die 10–40 m mächtigen «Hohgant-Schiefer» (Pectiniden-Schiefer, ANDEREGG 1940), feinsandige, schiefrige Mergel, sind in beiden Schuppen analog ausgebildet; basal führen sie noch Glaukonit.

e₆ Stad-Mergel (Globigerinenmergel, Priabonien)

Die späteoziänen Stad-Mergel gehen aus den «Hohgant-Schiefern» hervor; es sind hellgraue, gelblich anwitternde, glimmerreiche Tonmergel, reich an Globigerinen. Infolge tektonischer Beanspruchung zerfallen sie spiessig; ihre Mächtigkeit variiert stark. In der Hochflue-Schuppe des Gersauer- oder Vitznauerstocks sind es nur wenige Meter; an der Hochflue (Zilistock, Sulztal und Egg) sind sie mächtiger. In der Urmiberg-Schuppe erreichen sie am Fuss des Urmibergs SW von Seewen über 100 m Mächtigkeit; sie wurden und werden erneut für die Zementfabrikation abgebaut (S. 68). Auf der Südseite des Bürgenstocks sind sie ebenfalls über 100 m mächtig; in ihnen sind dünne Siltsteinbänke eingelagert. Den Stad-Mergeln wurde von BOLLI (1950) und ECKERT (1963) an der Typlokalität Alpnachstad (Blatt Alpnach) Priabonien-Alter zugewiesen.

f_{w2} «Wildflysch» vom Zilistock südlich der Hochflue

Zwischen den Stad-Mergeln der Hochflue-Schuppe (unten) und den Vitznau-Mergeln der Urmiberg-Schuppe (oben) schalten sich zwischen Zilistock und Ochsenboden dunkle, schiefrige Flyschmergel ein mit graugrünen Ölquarziten, begleitet von brekziösen Sandsteinbänken und Fukoiden führenden schiefrigen Kalken. Sie haben BUXTORF (1916) an exotischen Flysch an der Basis des Schlieren-Flysches erinnert.

f_{w3} «Wildflysch» von der Wiler Brücke nördlich von Brunnen

Schwieriger zu deuten ist das Vorkommen nördlich der Wiler Brücke (Wilerbrugg) nördlich von Brunnen. Dort fallen tektonisch gestörte Flyschgesteine nördlich der Muota bergwärts ein. Es sind vorwiegend schiefrige Mergel, begleitet von Knollen brekziöser Sandsteine. Der Span SW von Chräjen ist durch Ölquarzite gekennzeichnet.

SUBALPINE «RANDFLYSCH-ZONE»

Zwischen der subalpinen Molasse und der Helvetischen Randkette ist eine Serie von später Kreide und Tertiär eingeklemmt, die als «Randflysch» bezeichnet wird. Die Zusammensetzung dieser Serie schwankt stark; häufig bilden «Wildflysch» und Stad-Mergel die Hauptmasse, südlich Lauerz sind es mehrfach verschuppte Nummulitenkalk-Bänke (Schuppenzone von Lauerz, äussere Einsiedler Schuppenzone). Die folgende Gruppierung der auftretenden Formationen erfolgt hauptsächlich nach paläogeographischen Kriterien.

f_{w1} «Wildflysch»

Der «Wildflysch» der subalpinen «Randflysch-Zone» ist schlecht aufgeschlossen. Südlich des Gätterli (nördlich der Hochflue) treten bis zu den Nummulitenkalken der Einsiedeln-Formation auf Kote 1250 m neben mergeligen, knolligen Kalken mit einer eozänen Nannoflora auffallend viele Ölquarzitknollen auf, die gegen oben zunehmend bankiger werden. BERSET (1984) erwähnt ferner einen eingeschlossenen Brekzienblock mit gut gerundeten Quarziten und granitoidem Material.

Nordhelvetische Schürflinge/Schuppe von Schwändi

o₁ Altdorfer Sandstein und Gruontal-Konglomerat (frühes Oligozän)

Bei Schwändi zwischen Ränggen und Lauerzersee (Koord. 688.560/ 208.730) fand BUXTORF (1913, 1916) oberen Altdorfer Sandstein (= Matter Sandstein), einen grobkörnigen, gradierten Sandstein mit Bänken von Gruontal-Konglomerat. Dessen Geröllbestand setzt sich aus dunklen, spätigen und sandigen sowie hellgrauen, mikritischen Kalken, Quarziten und kristallinen Gesteinen zusammen und deckt sich mit jenem des nordhelvetischen Gruontal-Konglomerats oberhalb von Flüelen und Altdorf (Blatt Muotatal). Am Höchegg nördlich Bürglen und im Gruontal (Blatt Muotatal), bildet Gruontal-Konglomerat eine von Sandsteinlagen vom Typ oberer Altdorfer Sandstein in einzelne Schüttungen unterteilte Abfolge. Die Gerölle des mit quarzreichem Bindemittel zementierten Konglomerats bestehen neben solchen geringer Herkunftsaussage – Gangquarze, Dolomite, dunkle Kalke – aus herkunftstypischeren der nordhelvetischen Region: Aare-Granite, Quarzdiorite, Dioritaplite, Mylonite, Granatgneise, Zweiglimmergneise und Hornfelse. Nach W. Huber (in SCHUMACHER 1949) zeigen diese – besonders im Dünnschliff – auffallende Ähnlichkeit mit Gesteinen nördlich von Sedrun (Blatt Amsteg). An Sedimentgesteinen sind vertreten: Helvetische Kieselkalke, Sandsteine und Mikrobrekzien der spätesten Kreide, Nummulitenkalke und alttertiäre Sandsteine, als Metamorphite penninische Gneise. Der nordhelvetische Schubspan wurde wohl im Bereich des Gruontals weggeschert und mit der Urmiberg-Schuppe an den Alpenrand verfrachtet.

Mittelhelvetische Schürflinge

Am Grat vom Gätterli zur Hochflue erkannte BUXTORF (1913, 1916) mittelhelvetische Schürflinge.

Oberer Teil des Schrattenkalks (c_{su}) und Brisi-Member (c₆)

Nördlich der Hochflue (Koord. 684.900/207.630) steht an der Basis des südhelvetischen Flysches ein grosser Block von oberem Schrattenkalk in normal-

stratigraphischer Lage mit auflagerndem Brisi-Member an. BUXTORF (1916) betont, dass dieser Block im umgebenden Flysch eingelagert sei, was bestätigt werden kann.

Südhelvetische Schürflinge/Schuppenzone von Lauerz

c₁₁₋₁₂ Amden-Formation (Santonien – Campanien)

BERSET (1984) konnte Amden-Formation (graue bis gelblich anwitternde tonige Mergel) an zwei Lokalitäten mittels Nannoplankton gesichert nachweisen: bei Koord. 688.125/209.135 unterlagert sie die Nummulitenkalk-Platte (Einsiedeln-Formation) des Weidsteins SE Lauerz, beim Grat Gätterli-Hochflue (Koord. 684.950/207.475) liegt sie über «Wildflysch» und unterlagert ebenfalls eine Nummulitenkalk-Platte. Weitere Vorkommen von Amden-Formation, insbesondere als Liegendes der Einsiedeln-Formation der Lauerzer Schuppenzone, sind zu erwarten, da sie meist schlecht aufgeschlossen und von den lithologisch ähnlichen, aber meist feine Glimmerschüppchen enthaltenden Stad-Mergeln oft schwer zu unterscheiden ist.

e₃ Einsiedeln-Formation (Yprésien)

Am Westufer des Lauerzersees sind am Hügel des Weidsteins mindestens sieben Bänke von Nummulitenkalk tektonisch übereinandergestapelt (LEUPOLD 1939 in DECROUEZ & MENKVELD-GFELLER 2003, LEUPOLD 1966). Ebenso wird die Insel Schwanau aus Nummulitenkalk aufgebaut. Eine detaillierte Beschreibung der einzelnen Nummulitenkalk-Schuppen gibt LEUPOLD (1939).

Der Nummulitenkalk der Chlostermatt des Weidsteins enthält eine Erzbank, welche aufgearbeitete hämatitisierte Assilinen enthält. Das Erz wurde von 1724 bis 1729 abgebaut (WALTER 1925). Noch heute sichtbar ist ein Zugang («Erzloch») zu einer Abbaustelle bei Koord. 678.870/209.380 (GASSER 2003).

e₄₋₆ Stad-Mergel (Lutétien – Priabonien)

Die Stad-Mergel sind hellgraue, gelblich anwitternde, glimmerreiche Mergel, reich an Globigerinen. Infolge tektonischer Beanspruchung zerfallen sie spiessig; ihre Mächtigkeit variiert stark. Die von KUHN (1972) aus der Äusseren Einsiedler Schuppenzone untersuchten Proben der Stad-Mergel legen ein mitteleozänes Alter nahe.

Burg-Sandstein

Über den feinkörnigen Stad-Mergeln folgt der helle, grobkörnige Burg-Sandstein. Er stellt das jüngste Schichtglied des Helvetikums in der Äusseren Einsied-

ler Schuppenzone dar. FREI (1963) beschreibt ein Vorkommen von schlecht aufgeschlossenem Burg-Sandstein unmittelbar unter der Wand des Weidstein-Gipfels SE Lauerz (Koord. 688.150/209.125). An der Typlokalität des Burg-Sandsteins, wenig östlich ausserhalb des Kartengebietes bei Koord. 690.425/211.260 (Blatt Ibergereg), besteht dieser aus flyschartigen Kalksandsteinen und feinsandigen Mergeln mit *Halkyardia* aff. *minima*. Ein weiteres Vorkommen von Burg-Sandstein erwähnt FREI (1963) am Passübergang des Gätterli, in der Unterlage der Rigi Hochflue-Kette. Dieses Vorkommen wurde aufgrund seiner geringen Grösse auf der Karte nicht eingezeichnet. Das Alter des Burg-Sandsteins wird von KUHN (1972: 523) als Mittel- bis Späteozän angenommen.

MOLASSE

Einleitung

Gegen Ende des Eozäns begann sich die entstehende alpine Vortiefe zu etablieren. Über den Stad-Mergeln entwickelte sich nun, mitten im helvetischen Ablagerungsraum, mit der Taveyannaz-Formation ein schmaler, von einem andesitischen Vulkanismus beeinflusster Flyschtrogl. Mit dem Rückgang des Anteils an andesitischen Komponenten entwickelte sich die Elm-Formation (bzw. Unterer Altdorfer Sandstein) und die Matt-Formation (Oberer Altdorfer Sandstein) unter allmählichem Verlust der typischen Merkmale der Flyschsedimentation und einem Wechsel von einer trogparallelen zu einer Süd-Nord-Transportrichtung. Die alpine Vortiefe verlagerte sich dabei weiter gegen NW. Mit der grobdetritischen Schüttung des Gruontal-Konglomerats im Oberen Altdorfer Sandstein manifestierte sich ein Herausheben der südlich anschliessenden Gebiete und etwas später der Übergang in die flachmarine Molasse-Sedimentation. Auf dem Gebiet von Atlasblatt Rigi ist diese durch Ostrakoden führende, flachmarine Grigiser Mergel und überlagernde, küstennahe Horwer Platten dokumentiert. Mit der Molasse rouge endete der marine Einfluss; sie zeigte das Einsetzen der Schüttung eines progradierenden Flusssystems an. Die feindetritische Molasse rouge entsprach dabei der distalen, entlang der nördlichen Begrenzung des initialen Molassebeckens nach Osten entwässernden fluvialen Fazies der ältesten Rigi-Schüttung. Die weitergehende Progradation des Rigi-Schuttfächers verlegte die Faziesbereiche nach Norden, so dass als nächstes die Weggis-Formation mit nordostwärts gerichteter Konglomeratschüttung und schliesslich die radial gerichtete Rigi-Formation zur Ablagerung gelangten (Fig. 5). Die Scheidegg-Nagelfluh als jüngste Ablagerung der Rigi-Schüttung dokumentierte mit ihrer chaotischen Lagerung und den «Riesengeröllen» proximale Bajada-Schuttfächer, welche

Gesteine der näherrückenden Flyschdecken des Alpenrandes ablagerten und sich mit der Rigi-Schüttung s.str. seitlich verzahnten. Mit dem Vorrücken der alpinen Front wurden die Sedimente der Rigi-Schüttung schon früh überfahren, was zu einer Verlagerung der Schüttungsachsen führte. Das Zentrum des sich neu entwickelnden, zuerst radial, dann beckenaxial gegen Osten entwässernden Rigi-Höhronen-Systems lag etwas weiter westlich. Während die ältere Rigi-Schüttung hauptsächlich Gesteine aus der Sedimenthülle der ostalpinen Decken zur Ablagerung brachte, dokumentiert die Rigi-Höhronen-Schüttung mit ihrem extrem hohen Anteil an Kristallingeröllen die tiefergreifende Erosion in die ostalpinen Deckenkerne (SPECK 1953, STÜRM 1973, SCHLUNEGGER 2001). Zwischen 21 und 20 Ma transgredierte von Westen her die marinen Sedimente der Oberen Meeresmolasse (OMM). Das Kartengebiet lag zu dieser Zeit buchtartig zwischen den beiden neu sich entwickelnden grossen Schüttungszentren Napf und Hörnli. Mit dem endgültigen Rückzug des OMM-Meeres um 17 Ma setzte die fluvial-lakustische Sedimentation der Oberen Süsswassermolasse (OSM) ein, die hauptsächlich vom Napf-Schuttfächer gespeist wurde. Aufgrund der lateralen Lage zum Schüttungszentrum erhielt das Untersuchungsgebiet jedoch keine grobkonglomeratischen Zuschüsse mehr. Die beckenaxiale Entwässerung erfolgte zur Zeit der OSM nun von Osten nach Westen. Sedimente der OSM sind im Gebiet von Atlasblatt Rigi nicht erhalten geblieben.

Subalpine Molasse

RIGI-ROSSBERG-SCHUPPE

Untere Meeresmolasse (UMM) (Rupélie)

Die UMM besteht auf dem Gebiet von Blatt Rigi aus Grisiger Mergeln und Horwer Platten.

o_{2u} Grisiger Mergel

Als rauchgraue Schiefermergel mit muscheligen Bruch sind sie am Ostufer des Küssnachersees bei Greppen über 30 m mächtig aufgeschlossen. Im Rufibach östlich des Zugersees liegt ebenfalls eine geringmächtige Abfolge von Grisiger Mergeln vor. Im obersten Teil der Grisiger Mergel setzen dünnplattige Kalksandstein-Bänke ein; sie leiten zu den Horwer Platten über.

Nach Fossilfunden bei Grisigen (Horw, Atlasblatt 28 Luzern, KOPP et al. 1955, KOPP 1962b) sind sie marin-brackisch.

o_{2o} Horwer Platten

Horwer Platten treten am Steilufer zwischen Hertenstein und Greppen, bei Töbeli NNE von Greppen, am Ostufer des Zugersees im Rufibach bei St. Adrian und weiter NE am Hang zwischen Obergaden–Chatzenstrick zu Tage. Im aufgelassenen Steinbruch beim Scheibenstand Greppen sind sie 12 m mächtig. Im unteren Teil finden sich Pflanzenreste und dm-dicke Kohleschmitze. Am Weg Obermattli–Chatzenstrick sind die Horwer Platten verfaltet, so dass 70 m Mächtigkeit vorgetäuscht werden. An einer schon KAUFMANN (1860, 1872) und BAUMBERGER (1929) bekannten Stelle (Koord. ca. 682.9/216.9) treten in psammitisch-pelitischen Sedimenten mit Wellenrippeln Cardien und «Cyrenen» auf. Die Horwer Platten an der Ostseite des Zugersees umfassen dunkelgraue, mergelige Kalksandsteine; sie zeigen schwermineralogisch eine Granat-Apatit-Zirkon-Turmalin-Rutil-Kombination (RISSI 1968).

Fossilfunde

Vom Rufibach südlich von Walchwil sind folgende Pflanzenfunde bekannt (RISSI 1968): *Zizyphus ungeri* HEER (Brustbaum), *Cinnamomum polymorphum* (A. BR.) (Campherbaum) und Cyperaceen (Riedgräser). Diese Pflanzengesellschaft belegt eine durchschnittliche Jahrestemperatur um 18°C in Meeresnähe.

Untere Süsswassermolasse (USM) (Chattien)

o_{3M} Molasse rouge

An der Basis der Molasse rouge tritt eine Wechsellagerung von Kalksandsteinbänken und grauen Mergeln auf, die den Horwer Platten ähnelt. Eine vergleichbare Schichtfolge wurde in der Geothermiebohrung Weggis über den Horwer Platten in einer Tiefe von 576 bis 632 m angetroffen und von GREBER et al. (1994) als «Graue Serie» bezeichnet.

Über dieser Basisbildung wird die Molasse rouge aus einer Wechsellagerung von feinplattigen Kalksandsteinbänken mit grauen und roten bis rotvioletten Mergeln und Mergelkalken aufgebaut. NW von Weggis, im Seeuferwald zwischen Baumenweid und Rörli, ist die Wechsellagerung von roten Mergeln mit dünnen Silt- und Sandsteinbänken zwischen Horwer Platten und Weggiser Kalknagelfluh lediglich 40 m mächtig. Gegen NE schwillt die Mächtigkeit der Molasse rouge rasch an; im Ghürsch Tobel SE Küsnacht a.R. erreicht sie über 400 m.

Fossilfunde

Die Fossilführung ist äusserst gering. Lediglich in der Molasse rouge des Stirzelbaches SW der Rossallmig (Flurname Stirzelwälder) fand MARTIN (1939) Blät-



Fig. 1: Fossilplatte mit Palmwedel der Zwerg-Fächerpalme (*Chamaerops helvetica*) und Blattresten des Campherbaumes (*Cinnamomum polymorphum*). Fundort: Weggis-Formation oberhalb Weggis. Foto von O. Wüest.

ter von *Cinnamomum polymorphum* (Campherbaum), *C. polymorphum* f. *lanceolata* sowie Stengelreste von *Equisetum* sp. (Schachtelhalm).

o_{3w} Weggis-Formation (= Weggiser Serie s.str. STÜRM 1973)

Die Weggis-Formation (SCHLUNEGGER 1995) ist eine Wechsellagerung von 5 bis 20 m mächtigen flyschgeröllreichen Kalk-Dolomit-Nagelfluhbänken mit Sandsteinen und gelbgrau gefleckten Mergeln. Unter den Geröllen der Nagelfluh dominieren mit einem Anteil von 40% dichte, blaugraue Kalke und dolomit-arenitische Sandkalke bis Kalksandsteine. Ob diese direkt aus südpenninischen bis ostalpinen Ablagerungsräumen stammen oder als Umlagerungsprodukte präalpinen Flysche aus dem subalpinen Flysch zu beziehen sind, steht noch offen. Die mit über 10% vertretenen gerundeten Gerölle aus teils zuckerkörnigen Dolomit sind überwiegend ostalpiner Herkunft (CADISCH 1923, SPECK 1953). Das Schwermineralspektrum beinhaltet neben Granat vorwiegend Zirkon, Spinell, Rutil und etwas Turmalin. Der Spinellreichtum deutet auf süd- bis ultrapenninische Liefergebiete. Seitlich verzahnt sich die Weggis-Formation mit der Molasse rouge. Die

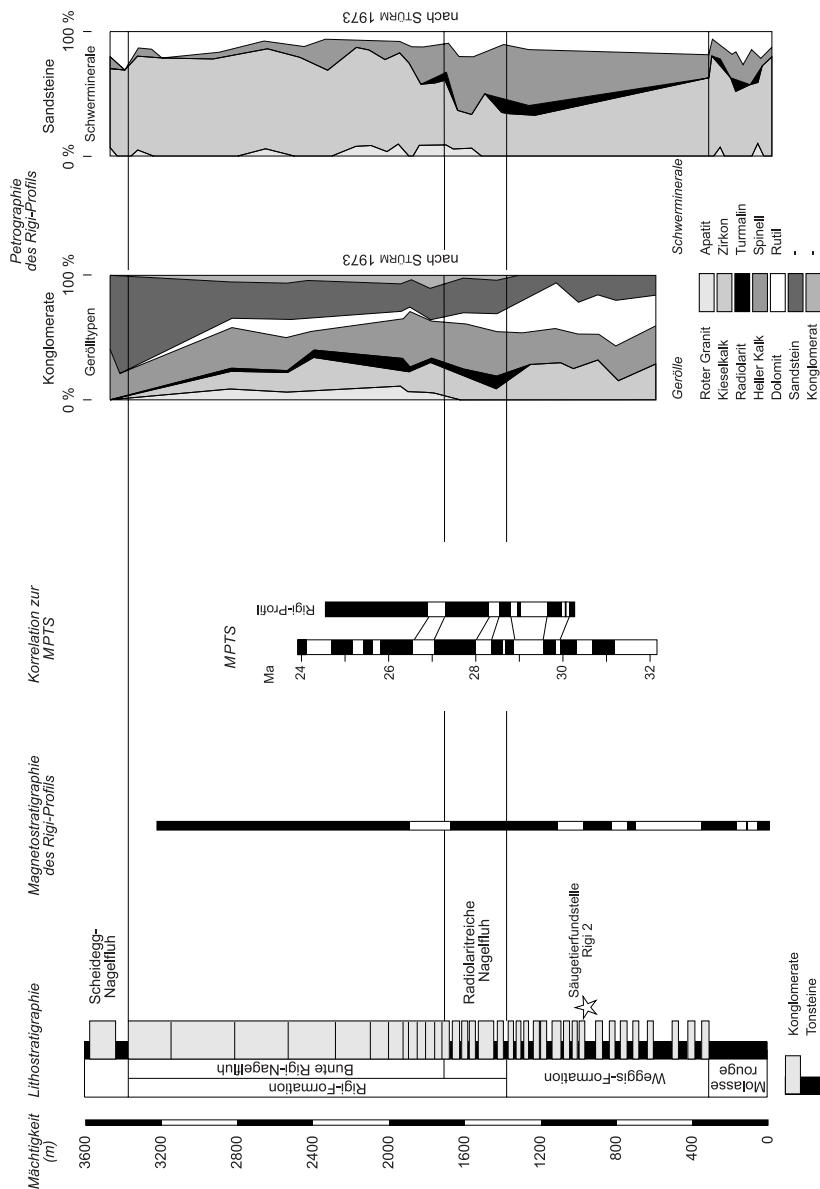


Fig. 2: Lithostratigraphie, magnetostratigraphisches Profil sowie geröll- und schwermineralogische Entwicklung der Rigi-Schüttung mit Korrelation zur MPTS (Magnetostratigraphic Polarity Time Scale). Verändert nach SCHLUNEGGER (1995).

rasche Vermergelung der Weggis-Formation gegen NE deutet darauf hin, dass die Geröllschübe des Rigi-Rossberg-Fächers an der Rigi am weitesten nach Westen gelangt sind. Die Weggis-Formation erreicht eine maximale Mächtigkeit von ca. 1100 m. Die Hangendgrenze zur Radiolaritreichen Nagelfluh wird mit dem Erscheinen der ersten roten Radiolaritgerölle gezogen.

Fossilfunde

Aus der Weggis-Formation sind mehrere Fundstellen fossiler Pflanzen bekannt: *Zizyphus ungeri*, *Cinnamomum polymorphum*, *Alnus* sp. (Erle), *Glyptostrobus* sp. (Wasserfichte), *Chamaerops helvetica* (Zwerg-Fächerpalme), *Eotrigonobalanus furcinervis* (eine der Edelkastanie nahestehende, ausgestorbene Art), *Arundo* sp. (Rohr), *Typha* sp. (Rohrkolben). Diese Pflanzenvergesellschaftung belegt ein subtropisch-warmgemäßigtes Klima mit einer durchschnittlichen Jahrestemperatur um 17°C.

In einem Seitenast des Fischstrattenbachs (Koord. 679.410/213.230) lieferte ein olivgrüner Mergel mit hellen Gastropodenresten eine artenreiche Säugetierfauna (Rigi 2, SCHLUNEGGER 1995). Von der durch das Naturhistorische Museum Basel und D. Kälin intensiv beprobten Lokalität liegen über 300 Einzelzähne mit folgenden Arten vor (Bestimmung B. Engesser): Didelphidae indet., Erinaceide cf. *Tetracus*, Heterosoricide indet., Soricide indet., Chiroptera indet., *Plesiosminthus* sp., *Paracricetodon* cf. *cadurcensis*, *Allocricetodon incertus*, *Eucricetodon huerzeleri*, «*Eucricetodon*» *murinus*, *Pseudocricetodon* cf. *thaleri*, *Gliravus* nov. sp., *Microdyromys praemurinus*, *Bransatoglis fugax*, *Eomys molassicus*, *Eomys* sp. II (klein, cf. Form von Mümliswil), *Protechimys major*, *Plesiospermophilus* aff. *ernii*, Carnivore indet., Artiodactyla indet.

Die Fauna, die lithostratigraphisch ca. 650 m über der Basis der Weggis-Formation und ca. 450 m unterhalb der Radiolaritreichen Nagelfluh liegt, ist biostratigraphisch in den tieferen Teil der Europäischen Säugetier-Einheit MP 26 einzustufen und weist nach SCHLUNEGGER (1995) ein magnetostratigraphisch ermitteltes Alter von ca. 28,5 Ma auf (vgl. Fig. 2).

Rigi-Formation

Die Rigi-Formation (SCHLUNEGGER 1995) besteht aus einer Wechsellagerung von massigen, mehr als 20 m mächtigen Konglomeratbänken mit dünnen, überwiegend rot gefleckten siltigen Tonen. Sie umfasst nach SCHLUNEGGER (1995) zwei Formationsglieder: Die Radiolaritreiche Nagelfluh (= Radiolarit-reiche Serie STÜRM 1973, o_{3R}) und die Bunte Rigi-Nagelfluh (= Bunte Serie s. str. Stürm 1973). Auf Atlasblatt Rigi wurden die Bunte Rigi-Nagelfluh und die hangende Scheidegg-Nagelfluh zusammengefasst und mit derselben Grundfarbe dargestellt. Die graphische Unterscheidung zwischen Bunter Rigi Nagelfluh und hangender Scheidegg-Nagelfluh erfolgt durch die verschiedenartige Darstellung der Konglomeratbänke.

o_{3R} **Radiolaritreiche Nagelfluh** (= Radiolarit-reiche Serie STÜRM 1973)

Die Radiolaritreiche Nagelfluh (SCHLUNEGGER 1995) besteht aus einer Wechsellagerung von Nagelfluh, Sandstein und Mergel, wobei die Nagelfluh etwa 60 % der Abfolge ausmacht. Die Gerölle der Nagelfluhen bestehen zu über 50 % aus Gesteinen der Radiolarit-Aptychenkalk-Gruppe; der Anteil an Radiolarit und brekziösem Begleitgut liegt über 20 %. Rote, verwitterungsresistente Radiolarite alleine machen 5-10 % der Gerölle aus. Gerölle von Mocausa-Konglomerat sind spärlich. Sie zeichnen sich durch einen höheren Anteil an Radiolaritkomponenten aus als jene aus der Bunten Nagelfluh und stammen aus Äquivalenten der Simmen-Decke. Die durchschnittlich 400–500 m mächtige Radiolaritreiche Nagelfluh mit hohem Cr-Gehalt stammt von einem südpenninischen, ophiolithreichen Element (STÜRM 1973). Die Hangendgrenze zur 1400 m mächtigen Bunten Rigi Nagelfluh, die reich an Mocausa-Konglomeraten ist, wird mit dem ersten Einsetzen der Roten Rigi-Granite gezogen.

Fossilfunde

Am Rossberg haben schon BAUMBERGER & MENZEL (1914) und HANTKE (1991) am Züngelenbach NE von Arth und am Gnipen fossile Floren aufgefunden: *Pronephrium stiriacum* (Schildfarn), *Osmunda lignitum* (Königsfarn), *Glyptostrobus* sp. (Wasserfichte), *Acer dasycarpoides* (eine dem nordamerikanischen Zucker-Ahorn nahestehende Art), *Taxodium* sp. (Sumpfyzypresse), *Sequoia langsdorfi* (Mammutbaum), *Liquidambar europaea* (Amberbaum), *Parrotia* sp. (ein heute westasiatischer Strauch der Zaubernuss-Familie), *Cercidiphyllum crenatum* (eine heute auf Ostasien beschränkte Gattung), *Carya heeri* (Bitternuss), *Engelhardia* sp. (ostasiatisches Walnuss-Gewächs), *Juglans* sp. (Walnuss), *Quercus buchi* (Eiche), *Alnus* sp. (Erle), *Salix* sp. (Weide), *Populus balsamoides* (Balsam-Pappel), *Myrica* sp. (Wachsbeerbaum), *Cornus* sp. (Hornstrauch), *Persea princeps* (Avocado) und *Typha* sp. (Rohrkolben). HOCHULI (1978) konnte viele Gattungen durch Pollenfunde bestätigen, so dass sich sogar fossile Gesellschaften, Auenwälder und damit der Klimacharakter rekonstruieren lassen (HANTKE 1991).

o_{3RS} **Bunte Rigi-Nagelfluh** (= Bunte Serie s.str. STÜRM 1973)

Die Bunte Rigi-Nagelfluh (SCHLUNEGGER 1995) ist eine Wechsellagerung von Kristallin führender Kalk-Dolomit-Nagelfluh mit Mergel und Sandstein; der Kristallinanteil der Gerölle schwankt zwischen 5 und 20 %. Gerölle von Mocausa-Konglomerat zeigen mit bis 16 % ihre grösste Verbreitung. Die Radiolarit-Aptychenkalk-Gruppe ist mit bis 15 % gut vertreten. Flyschgerölle machen bis 45 % aus. Bei den psammitischen Vertretern sind zwei Typen zu unterscheiden:

- Aus östlichen Äquivalenten der Simmen-Decken stammende, Spinell führende Flyschkalksandsteine

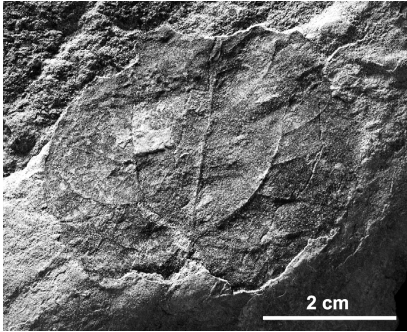
- Spinelfreie, granatreiche und Glaukonit führende Flyschkalksandsteine aus nordpenninischen Räumen. Dolomitgerölle treten nur untergeordnet auf. Im Leichtmineralinhalt zeichnet sich eine Feldspatführung ab.

Die Zusammensetzung der Bunten Rigi-Nagelfluh geht schon aus Geröllzählungen von RENZ (1937) vom Rigi Kulm und SPECK (1953) von Goldau (Bergsturzgut) hervor.

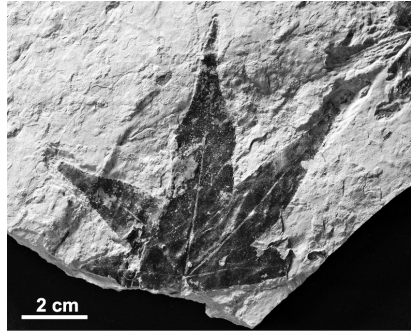
Rigi Kulm (RENTZ 1937)		Goldau, Rossberg (SPECK 1953)	
Rote Granite	6 %	Kristallin	8 %
Rote u. graue Quarzporphyre	1 %		
Basische Gesteine, Gneis	1 %		
Dolomite, Dolomitbrekzien	7 %	Trias-Gesteine	10 %
Dunkle Kalke (Lias, Malm)	14 %	Lias, Kalkfazies	4 %
Mergel-, Mergelfleckenkalke	11 %	Lias, Mergelfazies	13 %
Ölquarzite	2 %		
Hornsteine, Radiolarite	3 %	Radiolarite	19 %
Biancone (Neocom), Malm	11 %	Aptychenkalk	8 %
Flyschsandsteine	3 %		
Flyschkalke	28 %	Flysch	34 %
Flyschbrekzien	8 %	Mocausa-Konglomerate	4 %
Vereinzelte	5 %		
Summe	100 %		100 %

Bei den Kristallingeröllen überwiegen typische Rigi-Granite mit hellrotem Feldspat, Quarz und Biotiten. Daneben treten rötliche Granitporphyre, graue und rotbraune Quarzporphyre auf, bei Metamorphiten: Glimmerschiefer, -quarzite, Zweiglimmer-Augengneise und feinflaserige Biotit-Serizit-Gneise, lokal rote Granitbrekzien und Arkosesandsteine. Die Kristallingerölle stammen von einem Grundgebirge, das noch in stratigraphischem Verband mit dem Mesozoikum der Simmen-Decke (SPECK 1953) bzw. eines östlichen Äquivalents stand (MÜLLER 1971).

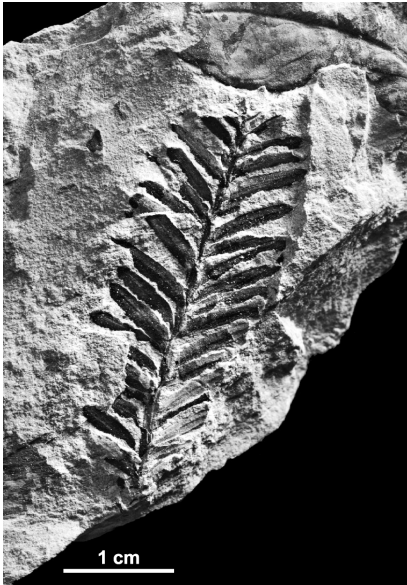
Bei den Triasgesteinen herrschen graugelbe, bituminöse Dolomite vor; daneben finden sich Dolomitbrekzien. Aus dem Lias stammen Fleckenkalke mit Ammoniten, einem *Dactylioceras* sp. (Naturmuseum Luzern) und einem *Asteroceras* sp. (Sammlung J. Gasser, Seewen), Brekzien und rote Kalke. Oberjurassisch sind: rote, grüne und braune Radiolarite und Klippenmalm, kretazisch: Aptychenkalke, Tristel-Kalke, Spatkalke und Mocausa-Konglomerate und -Brekzien, die schon DE SAUSSURE (1796) bekannt waren. Es sind kleingeröllige, polymikte Gesteine mit Kalk-, Dolomit- und Hornsteinkomponenten mit kalkigem, zuweilen roterdigem Bindemittel. Daneben kommen Aptychenkalke, Radiolarite, Fleckenkalke, dunkle Kieselkalke und rote Granite der Rigi-Nagelfluh vor. Im Mo-



3a



3b



3c



3d

Fig. 3: Fossile Pflanzenfunde aus der Bunten Rigi-Nagelfluh. a: *Cercidiphyllum* sp. b: *Liquidambar europaea* c: *Taxodium* sp. d: Fossiler Baumstrunk (? *Taxodium* sp.) in einer Felswand der Bunten Rigi-Nagelfluh unterhalb des Gnipen am Rossberg SZ, vgl. FURRER et al. 2003.
Fotos: a–c: U. Gerber, d: H. Furrer.

causa-Flyschmeer ist auch Kristallinschutt umgelagert worden. Die Konglomerate der Bunten Rigi-Nagelfluh mit Geröllen von Aptychenkalk, Radiolarit, Hauptdolomit und Rigi-Granit sind identisch mit Flyschkonglomeraten vom Typ Mocausa der Westschweizer Simmen-Decke. Gerölle von 20–25 cm deuten auf Alpenrandnähe der Parental-Abfolge hin; dies unterstreicht auch das von SPECK (1953: Taf. 6) und VOGEL & HANTKE (1989: Abb. 4) abgebildete «Mocausa-Riesengeröll» von 35 m³ östlich von Vitznau (Koord. 679.875/207.250/610).

An Flyschgeröllen sind vertreten: jungkretazische Sandsteine, Sandkalke, Kieselkalke und Mergelkalke, dunkelgrüne Ölquarzite und nordpenninische Schlieren-Sandsteine.

Die Mächtigkeit der bunten Rigi-Nagelfluh liegt in der Rigi-Hauptschuppe um 1100 m.

Fossilfunde

BRÄM (1954) entdeckte im Rossberg-Bergsturzgebiet wiederholt fossile Fährten, an einem Sturzblock unterhalb der Abbruchstelle (Koord. 685.400/214.450) Eindrücke eines dreistrahligten Perissodactylen, eines Rhinoceren und Trittsiegel eines Artiodactylen, eines Anthracotheriden, möglicherweise von *Elomeryx borbonicus* (GERVAIS), auf einem Sandsteinblock Trittsiegel eines weiteren dreistrahligten Vertreters, wohl eines Tapirs, und die Spur eines kleineren Paarhufers, eines Traguliden oder Cerviden (vgl. auch FURRER et al. 2002). Fast zuoberst an der östlichen Abbruchwand beobachtete BRÄM (1954) Fährten von Regenpfeifer oder Kranich. Doppeltritte von dreistrahligten Abdrücken stammen von einem hüpfenden, sperlingsgrossen Vogel. Eine weitere Platte lieferte Fährten einer kleinen Schildkröte, von *Clemmys* sp. oder *Emys* sp.

An Pflanzenfunden sind überliefert (HANTKE 1991): *Sphagnum* sp. (Torfmoos), *Taxodium* sp. (Sumpfpypresse), *Liquidambar europaea*¹⁾, *Alnus*²⁾ sp. (Erle), *Salix* sp., *Chamaerops helvetica* (Zwerg-Fächerpalme), *Carya heeri* (Hickory), *Pterocarya* sp. (Flügelnuss), *Cyclocarya* sp. und *Engelhardia* sp. (beides Walnussgewächse).

1999 entdeckte T. Reichlin in der östlichen Abbruchwand des Goldauer Bergsturzes zwischen Kote 1443 und 1550 m ganze, noch aufrecht im Sediment stehende Baumstrünke von ?*Taxodium* sp. (Fig. 3d), die in einer Schlicklage eines ehemaligen Flusses gewurzelt hatten (in FURRER et al. 2003).

¹⁾ Das von MENZEL (in BAUMBERGER & MENZEL Taf. 4 Fig. 1) als *Araliophyllum denticulatum* n. sp. bezeichnete Blatt vom Gnipen ist zu *Liquidambar* sp. zu stellen.

²⁾ Die von MENZEL (Taf. 1 Fig. 13–15) vom oberen Rossberg als *Rhamnus gaudini* HEER abgebildeten Blätter sind zu *Alnus* sp. zu stellen.

o_{3RS} Scheidegg-Nagelfluh (= Scheidegg-Serie STÜRM 1973)

Die Scheidegg-Nagelfluh (SCHLUNEGGER 1995) besteht aus einer Wechselagerung von Flyschnagelfluh und gelben Mergeln. Die kristallinarmer Nagelfluh enthält über 60% monotone, graue, bräunlich anwitternde Flyschkalksandstein-Gerölle. Schwermineralinhalt und Glaukonitgehalt zeigen Anklänge an eine penninische Herkunft, evtl. an den Wägitaler Flysch. Gerölle aus internen Flyschtrögen und östlichen Äquivalenten der Simmen-Decke treten zurück. Dies spiegelt sich im geringeren Spinell- (1 gegenüber 21%) und Dolomitgehalt (3 gegenüber 24%) wider. Dolomitgerölle fehlen; sie deuten auf Absenz dolomitreicher Trias der mittelpenninischen Klippen-Decke und des Ostalpins (Roggenstock-Decke) hin.

Die höhere Scheidegg-Schüttung zeichnet sich durch das Fehlen von Dolomiten, Radiolariten, Mocausa-Konglomerat und Kristallin aus. Es ist eine fast reine Flyschschüttung mit bis 87% Flyschpsammiten gegenüber 46% in der Bunten Rigi-Nagelfluh. Die höchste Scheidegg-Nagelfluh zeichnet sich durch extrem grosse Gerölle aus, zwischen Gätterli und Linderegg erreichen sie bis 0,9m Durchmesser. Schüttungen mit vergleichbar grossen Geröllen («Riesen-Konglomerate») erwähnt HABICHT (1945a) vom Pfingstboden (Blatt Nesslau) und von der Südseite der Kronberg-Kette (Atlasblatt 78 Säntis). Die Scheidegg-Nagelfluh erreicht eine maximale Mächtigkeit von ca. 750 m. Ihre Obergrenze wird durch eine Überschiebungsfläche gebildet.

Die gesamte USM der Rigi wird ins Chattien gestellt; aufgrund des magnetostratigraphischen Profils in SCHLUNEGGER (1995) ist aber nicht auszuschliessen, dass die jüngsten Anteile der Scheidegg-Nagelfluh noch ins frühe Aquitanien reichen.

Zur Paläogeographie der Rigi-Schüttung

Petrographische und sedimentologische Vergleiche lassen erkennen, dass die Molasse rouge des Rigi-Gebietes, die Weggis-Formation und die Rigi-Formation von einem einzigen progradierenden Flusssystem geschüttet wurden (STÜRM 1973). Das ehemalige Schuttfächerzentrum ist unmittelbar östlich des Vierwaldstättersees anzunehmen, da dort die grössten Gerölle auftreten. Die Entwässerung erfolgte vom damaligen Alpenrand her radial in das Molassebecken hinaus. Gegen Osten zu (Rossberg, Sattel) schwenkte der Schuttfächer dann in ein beckenaxial orientiertes System um. Die Molasse rouge entspricht dabei der distalen fluvialen Fazies der ältesten Rigi-Schüttung entlang der nördlichen Begrenzung des initialen Molassebeckens. Die weitergehende Progradation des Rigi-Schuttfächers verlegte die Faziesbereiche nach Norden, so dass als nächstes die Weggis-Formation mit ostwärts gerichteter Konglomeratschüttung und schliesslich die radial gerichtete Rigi-Formation zur Ablagerung gelangten (Fig. 5). Die



Fig. 4: Aufschluss in grobblockiger Scheidegg-Nagelfluh SW Rigi Scheidegg bei Koord. 681.750/208.570. Länge des Hammers: 0,4 m. Foto D. Kälin 2005.

Scheidegg-Nagelfluh als jüngste Ablagerung der Rigi-Schüttung dokumentiert mit ihrer chaotischen Lagerung und den «Riesengeröllen» proximale Bajada-Schuttfächer, welche Schuttmassen der näherrückenden Flyschdecken im Vorfeld des Alpenrandes abgelagerten.

Die weiter im Westen gelegenen Entlebucher Schüttungen von Beichlen-Farneren und Heuboden-Äschitannen zeichnen sich gegenüber der Rigi-Schüttung durch viel schwächere Radiolaritführung aus (4 bzw. 3 gegenüber 26%, vgl. Tab. 1). Dagegen sind Flyschgerölle stärker vertreten (61 bzw. 77 gegenüber 46%). Im Rigi-Fächer herrscht nichtmetamorphes Kristallin, in den Entlebucher Fächern metamorphes vor. Rote Rigi-Granite treten dort nur sporadisch auf (0,5 gegenüber lokal bis 15%).

Die Entlebucher Schüttungen führen durchweg metamorphes Kristallin. An der Rigi hingegen sind die unteren 1200 m und die Scheidegg-Nagelfluh kristallinfrei. Der Gehalt an Dolomitgeröllen der Beichlen-Farneren-Schüttung übertrifft jenen der Weggiser Nagelfluh mehrfach (45 gegenüber 11%). Die für die Bunte Rigi-Schüttung typischen Mocausa-Konglomerat-Gerölle (5%) treten gegen Westen zurück; in der Heuboden-Äschitannen-Schüttung sind es 2, in der Beichlen-Farneren-Schüttung nur 0,5% (GASSER 1968).

Die weiter östlich der Rigi gelegene, von MÜLLER (1971) noch als eigenständig postulierte Friherrenberg-Schüttung unterscheidet sich kaum von der Rigi-Schüttung. Die Radiolaritgruppe ist geringer (10 gegenüber 26%), ebenso der Flyschanteil (29 gegenüber 46%).

Abweichungen im Geröllbestand zur zentralen Rigi-Schüttung zeigen sich auch bei Ausläufern östlich des Sihlsees. Die Radiolaritgruppe fällt von 26 auf 14% ab; sie ist wohl auf das Gebiet vor dem zentralschweizer Alpentor beschränkt. Dagegen ist der Dolomitanteil mit 33 gegenüber 11% dreimal so hoch; Flyschpsammite sind weit bescheidener (24 gegenüber 4%). Gesamthaft zeichnen sich Anklänge an östliche Schüttungen ab. Diese interferieren im Gebiet um die Satelegg (Blatt Einsiedeln); MÜLLER (1971) hat dort eine markante Vormacht der Flyschpsammite (61 gegenüber 11%) festgestellt. Kristallin und Mocausa-Konglomerate fehlen; die Radiolaritgruppe erreicht noch 6 gegenüber 26%.

Vom Rufibach und vom Chlausenbach auf der Ostseite des Zugersees, nördlich von Bräpfet, zeigte eine Schwermineralanalyse die Anwesenheit von Spinell; dieser charakterisiert vorgranitische Schüttungen. Hohe Anteile an Granat, Zirkon und Turmalin kennzeichnen die höhere UMM und die USM. Die Probe vom Chlausenbach zeichnet sich neben fast doppelt so hohem Kalk- durch zehnmal so hohen Dolomitanteil aus (RISSI 1968).

Tabelle 1: *Vergleich der Geröllführung der Rigi-Schüttung mit benachbarten ungefähr gleichaltrigen Schüttungen (Rigi-Werte nach STÜRM 1973: 30. Maximalwerte in Prozenten).*

WSW	Beichen-Farneren	Heuboden-Äschitannen	Rigi Zentral-Bereich	Scheidegg	Friherren-berg	ESE Rigi Peripherie
	GASSER (1968: 288)				MÜLLER (1971: 88)	
Nicht metamorphes Kristallin	5	3	17	–	19	16
Rote Granite	+	+	15	–	15	20
Grünl. Granite	3	2	1	–	3	5
Metamorphes Kristallin	11	5	4	–	3	1
Dolomite	45	13	11	–	19	33
Radiolarite	4	3	26		10	14
Mocausa-Kongl.	+	2	5	–	9	3
Flysch-Psammite	61	77	46	87	29	24
Ölquarzite	5	2	2	4	2	2
Nummulitenkalke	–	–	–	–	1	–

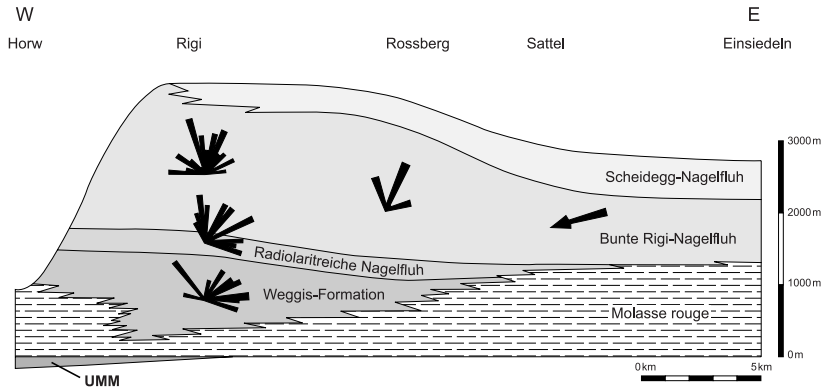


Fig. 5: W-E-Profil durch die Rigi-Rossberg-Schuppe mit Angabe der Strömungsrichtungen. Besonders zu beachten ist das Umschwenken der Schüttung der Bunte Rigi-Nagelfluh gegen Osten. Leicht verändert nach SCHLUNEGGER (1995).

TEUFFIBACH-SCHUPPENZONE

Untere Süsswassermolasse (USM) (Chattien)

Innerhalb der Teuffibach-Schuppenzone unterscheidet STÜRM (1973) einen internen und einen externen Bereich.

o_{3RS} Untere Süsswassermolasse der externen Teuffibach-Schuppenzone

Die externe Teuffibach-Schuppenzone (Schwandenegg-Schuppe) umfasst Molassegesteine, die eine weitgehende Übereinstimmung mit der Scheidegg-Nagelfluh zeigen. Nach STÜRM (1973) handelt es sich mit grosser Wahrscheinlichkeit um ein alpenwärtig aus dem Verband der Scheidegg-Nagelfluh abgeschupptes Schichtpaket.

o_{3T} Untere Süsswassermolasse der internen Teuffibach-Schuppenzone

Weit komplexer sind die Elemente der internen Teuffibach-Schuppenzone aufgebaut. STÜRM (1973) unterscheidet vier Schuppen: Teuffibach-, Brand-, Rotflüelen- und Rotegg-/Rot Zingel-Schuppe.

Die Teuffibach-Schuppe zeichnet sich aus durch starke Dolomitgeröllführung (15 %), die Absenz der Radiolarit-Aptychenkalk-Gruppe und von Kristallin; sie zeigt starke Anklänge an die Nagelfluhen der Weggis-Formation, weist aber

einen hohen Anteil an Quarziten gegenüber dichten Kalken auf. Das Fehlen von Sandsteinabfolgen deutet auf relativ schüttungszentrale Ablagerung.

Die Brand-Schuppe ist charakterisiert durch einen hohen Radiolarit- und Spinell-Gehalt (bis 62 %; dies übertrifft alle in der Rigi-Hauptschuppe festgestellten Werte), zeigt Ähnlichkeit mit der Radiolaritreichen Nagelfluh, führt aber mehr Flysch-Sandkalke und -Kalksandsteine (22 gegenüber 7 %). Ebenso ist der Chert-Anteil mit 51 % recht hoch.

Die Rotflüelen-Schuppe weist ebenfalls eine ausgeprägte Radiolarit-Spinell-Führung und so eine starke Analogie zu der Radiolaritreichen Nagelfluh auf. Doch sind die Flysch-Sandkalke bis -Kalksandsteine noch stärker vertreten als in der Brand-Schuppe (56 gegenüber 7 %).

Die Rotegg-Schuppe zeigt geröll- und sedimentpetrographisch starke Anklänge an die Scheidegg-Nagelfluh. Doch unterscheidet sie sich im hohen Feldspatgehalt (11 gegenüber 1 %) und weicht auch im verschwindend kleinen Anteil an Flysch-Mergelkalken ab.

RIGI-BASISSCHUPPE

Untere Süsswassermolasse (USM) (Chattien)

o_{3B} Sandsteine der Rigi-Basischuppe

NNE Greppen sind am Widebach Sandsteine aufgeschlossen, die sich u.a. durch ihre steilere Lagerung von der benachbarten basalen Rigi-Hauptschuppe abheben. Zudem unterscheiden sie sich im Schwermineralgehalt deutlich von den Horwer Platten und der untersten Weggis-Formation (vgl. STÜRM 1973: 74). KOPP (1971) betrachtete diese Sandsteine noch als westliche Fortsetzung der Grindelegg-Schuppe. Ein Vergleich mit den sedimentpetrographischen Daten von SCHLANKE (1974) zeigt jedoch, dass sich die Sandsteine der Rigi-Basischuppe deutlich von denen der Grindelegg-Serie unterscheiden. Aus diesem Grund wurden diese Sandsteine einer eigenen tektonischen Schuppe zugerechnet (STÜRM 1973).

ST. JOST(= GRINDELEGG-)SCHUPPE

Untere Süsswassermolasse (USM) (Chattien)

o_{3G} «St. Jost-(= Grindelegg-)Serie»

Gesteine der St. Jost-Schuppe stehen am Ostufer des Zugersees zwischen Rufibach und Walchwiler Dorfbach sowie östlich des Grossmattstollen (Ochsen-

feissi) an. Beim Knie des Alplibach nördlich Haslen besteht die Abfolge aus grauen Mergeln, graublauen, glimmerigen Kalksandsteinen mit Kalknagelfluhlagen mit Geröllen von kretazischen Flyschsandkalken und -kalken, Hornsteinen, roten Graniten sowie von Bunter Nagelfluh. Eine Bank zeigt Übergänge zu granitisch-pseudogranitischem Sandstein mit roten Radiolaritsplittern. Eine ähnliche Abfolge zeigt sich am Weg unterhalb Schluchenried. Die Sandsteinrippe von Schluchenried wird aufgrund der Lithofazies (HABICHT 1945b) als zur St. Jost-Schuppe gehörig betrachtet.

Bei Walchwil treten bei Rossplatte im pseudogranitischen Sandstein Kalknagelfluhschnüre mit roten Granit- und Radiolaritgeröllen auf. Wie an anderen Stellen der St. Jost-Schuppe ist die kristallinführende Kalknagelfluh – im Gegensatz zur Bunten Nagelfluh des Aquitaniens – kleingeröllig. Daneben treten – wie im Secki- und Wihelbach – graue Mergel und mergelige Sandsteine auf. SWW von P. 713 (Koord. 682.425/216.575) stehen an der Rippe unterhalb der Waldstrasse dolomitische Sandsteine an. Die Breite der St. Jost-Schuppe ist bei Walchwil deutlich grösser als auf HABICHTS (1945b) tektonischer Karte, stimmt jedoch gut mit jener von SPECK (1953) überein.

Nach SCHLANKE (1974: 276) vermitteln die Gesteine der St. Jost-Schuppe sedimentpetrographisch zwischen Rigi- und Höhrönen-Schüttung.

HÖHRONEN-SCHUPPE

Untere Süsswassermolasse (USM)

(Aquitaniens)

m₁ «Granitische Molasse» der Höhrönen-Schuppe

Die «Granitische Molasse» mit tektonischer Unter- und fliessender Obergrenze zeichnet sich aus durch eine Wechsellagerung von grobkörnigem, feldspatreichem Sandstein von hoher Porosität, der leicht verwittert, mit Bänken von extrem bunter Nagelfluh sowie geflecktem Silt- und Tonstein. Der Anteil an Kristallingeröllen bewegt sich zwischen 50 und 75 %. Es sind vor allem rote Granite und Quarzporphyre von Äquivalenten der Bernina-Decke, grüne und grünrote Granite der Err-Decke sowie Diorite der Campo-Languard-Decke. An Sedimenten finden sich helle und dunkle Kalke, graubraune Dolomite, rote Radiolarite und Spongienkalke. Die Mergel der «Granitischen Molasse» sind bunt gefärbt: gelbgrau, ockerfarbig bis rotbräunlich; teils knollige und dunkel-graubraune Typen sind ebenfalls häufig (KLEIBER 1938).

Während die Rigi-Schüttung die Sedimentdecken der oberen penninischen und ostalpinen Einheiten erodierte, dokumentiert die sich aus der Rigi-Schüttung entwickelnde Höhrönen-Schüttung die tiefergreifende Erosion. Diese erfasste nun die kristallinen Kerne der oberen penninischen und ostalpi-

nen Einheiten und führte zur Ablagerung kristallinreicher Konglomerate und Arkosen.

Als eines von zwei Referenzprofilen der «Granitischen Molasse» führt SCHLUNEGGER (1995: 51) das 780 m mächtige Fischenbach-Profil im Entlebuch an.

Aufgerichtete mittelländische Molasse

Untere Süsswassermolasse (USM) (Aquitanien)

m₁ «Granitische Molasse» der aufgerichteten Molasse

Die aufgerichtete und gestauchte «Granitische Molasse» im Gebiet Merlischachen–Udligenswil–Küssnacht–Halbinsel Chiemen unterscheidet sich von derjenigen der Höhrönen-Schuppe vor allem darin, dass die Geröllschübe unregelmässiger auftreten und spärlicher werden. In der NW-Seite der «Würzenbach-Antiklinale» stellt auch KOPP (1962b) bei Adigenswil (Atlasblatt Luzern) nur noch eine einzige Nagelfluhbank fest. Die Bänke von «Granitischem Sandstein» sind quarz- und feldspatreicher und stets karbonatarm.

m_{1m} «Oberaquitane Mergelzone»

Als lithostratigraphischer Begriff wird die Bezeichnung «Oberaquitane Mergelzone» erstmals von RENZ (1937) verwendet. Er bezeichnet damit die Wechselagerung gelbgrauer, teils violetter, gefleckter Mergel und Mergelsandsteine, feinkörniger Kalksandsteine und knollig anwitternder Mergelkalke. Die genaue Alterszuweisung steht mangels Fossilien noch offen. Das Verhältnis Sandstein:Mergel schwankt zwischen 1:2 und 1:3. Charakteristisch ist der bis 55 % hohe Karbonatgehalt bei einem Kalzit/Dolomit-Verhältnis von 2:1. Als Ablagerungsmilieu fallen warmzeitliche, periodisch überflutete Schwemmlandebenen eines trägen Flusses in einem relativ warmen Klima in Betracht.

Auf Blatt Rigi tritt die «Oberaquitane Mergelzone» nur im NW, um Udligenswil, und dort eher atypisch ausgebildet, auf. Sie zieht von Robmatt weiter über Waldheim-Gumen gegen Meierskappel (Blatt Zug).

Obere Meeresmolasse (OMM) (Burdigalien)

Die OMM lässt sich in zwei Formationen gliedern: die liegende Luzern-Formation und die hangende St. Gallen-Formation. Der Grenzbereich Luzern-/St. Gallen-Formation ist durch eine markante Regression gekennzeichnet.

m₂ Luzern-Formation (Burdigalien)

Die burdigale Luzern-Formation (KELLER 1989) nimmt im Gebiet von Blatt Rigi nur den Rooterberg nördlich von Udligenswil ein. Sie besteht aus gebankten, graublauen, Glaukonit führenden Sandsteinen mit dünnen Mergellagen. Bei Chare (westlich P. 839,6), auf Blatt Luzern, hat KAUFMANN (1860, S. 66, 1872, S. 22) Muschelsandsteinbänke mit *Tapes helvetica* (C. MAY.) und *Cardium commune* C. MAY. festgestellt.

Im Steinbruch südlich Michaelschrüz (Koord. 674.250/218.300), bereits auf dem angrenzenden Atlasblatt 89 Zug, wurde in Notzeiten eines der Luzerner Kohleflöze abgebaut. Die Bank lässt sich vom Rooterberg nach SW über den Dottenberg, den Dietschiberg, nach Luzern und weiter gegen Westen, nach Sonnenberg-Ränggloch verfolgen. Das Liegende des ausgedehnten Vorkommens – Mergellagen und bituminöse Süsswasserkalke – bekundet ein weites Küstenmoor (RÖSLI 1957). Im aufgelassenen Steinbruch zeigt sich folgendes Profil: 6 cm kohlige Mergel, unterlagert von 8 cm dunkelgrauen-bräunlichen Mergeln mit Schneckschalen-Trümmern: Reste eines Moores, das durch temporäre Aussüssung entstanden ist. Darüber folgen 3 m graue Mergel und Sandstein.

Fährtenfunde im burdigalen Sandstein an der Sihl (SPECK 1945) und in Luzern und Umgebung (KELLER 1982, 1990) deuten ebenfalls darauf hin, dass Teile der Luzern-Formation in küstennahem, brackischem Seichtwasser abgelagert worden sind und ein fossiles Watt darstellen.

m₃ St. Gallen-Formation (Burdigalien)

Nur in der äussersten nordwestlichsten Ecke des Atlasblattes tritt knapp noch die St. Gallen-Formation (KELLER 1989) auf. Über grauen Mergeln stellt sich eine harte Gesteinsbank mit tektonisch deformierten Lamellibranchiern ein. Darüber folgen blaugrauer Sandstein, grauer sandiger Mergel, harter, grobkörniger Sandstein mit bunten Geröllchen (grüne Granite und Quarzporphyre, Quarzite und Ophiolithe) und Trümmern von Austernschalen und zuoberst grauer Mergelsandstein. Insgesamt sind lediglich 30 m aufgeschlossen (Profil in KOPP 1945: 7).

QUARTÄR

Pleistozän

Im Gebiet von Blatt Rigi lassen sich – aufgrund des Gesteinsspektrums in den Moränen – Ablagerungen zweier Eisströme unterscheiden: Reuss- und Muotagletscher. Während sich die Reussmoräne durch Aare-Granit, Windgällen-«Porphy», autochthonen Quinten-Kalk, Taveyannaz- und Altdorfer Sandstein auszeichnet, sind es für den Muotagletscher die mittel- und südhelvetische Abfolge, vor allem Malm- und Kreide- sowie Alttertiärgesteine. In der Talung Brunnen-Ibach hingen die beiden Gletscher zusammen. Der Reussgletscher floss hauptsächlich durch die Täler des Vierwaldstättersees ab, nahm bei höheren Eisständen von Süden Chol- und Engelberger Gletscher und im Chrüztrichter den Brünigarm des Aaregletschers auf und sandte einen Arm durch die Talung des Küssnachersees zum Zugersee. Der bei Ibach von Reusseis verstärkte Muotagletscher wandte sich über Schwyz–Arth in die Wanne des Zugersees und gabelte sich nach Schwyz und Sattel in einen Ägeri- sowie einen Rothenthurmer Arm. Von den Mythen, der Rigi und vom Rossberg erhielten sie lokale Zuschüsse.

q_B Brandflue-Schotter

An der Brandflue NE des Grossmattstollens (ca. 3,5 km NE Walchwil, Flurbezeichnung bereits auf Blatt Zug) treten unter Moräne älterer Vergletscherungen über 30 m mächtige grobe, geschichtete und gut verkittete Schotter auf, in denen gegen oben über 1 m³ grosse Blöcke – Bunte Nagelfluh und helvetische Kalke – liegen. Der Geröllinhalt besteht hauptsächlich aus Kalk- und Flyschgesteinen. Aufgrund der Korngrössenzunahme gegen oben wurden sie als Vorstosschotter betrachtet. Die Alterszuweisung der Brandflue-Schotter ist umstritten: FREI (1914) wies die Schotter dem «risszeitlichen» Reussgletscher zu, erwog gar eine Zugehörigkeit zu den Deckenschottern. Die Brandflue-Schotter liegen rund 100 m über den höchsten letzteiszeitlichen Moränen; aufgrund ihrer Höhenlage und der Überlagerung durch ältere Moräne sind sie somit sicher prä-letzteiszeitlich, eine genauere Alterseinstufung ist ohne sichere Alterskriterien derzeit nicht möglich.

q_m Moräne älterer Vergletscherungen

Eine kleine Häufung von Aaregranitblöcken liegt auf der Ostseite des Gottertli östlich der Rigi-Hochflue (Höhenlage ca. 1300–1390 m, BUXTORF 1913, 1916). Aufgrund ihrer Lage bis 200 m oberhalb der höchsten letzteiszeitlichen Moränen stammen sie aus einer älteren, grösseren Vergletscherung. Prä-letzteiszeitliche Moränen liegen auch auf dem Sattel zwischen Chaiserstock und Cholerhöchi (NE-Ecke des Atlasgebietes), beim Grossmattstollen (3 km NE Walchwil), 1 km



Fig. 6: Aufschluss in den gut verkitteten Brandflue-Schottern bei Koord. 685.085/217.990. An der Basis, links des Hammers, grosses Nagelfluhgeröll. Länge des Hammers: 0,4 m.
Foto D. Kälin 2005.

westlich von Rigi Kaltbad sowie NW Gätterli, nördlich der Hochflue. In seiner Originalkarte verzeichnete J. Kopp auch grosse Gebiete oberhalb der Seebodenalp südlich Küssnacht a. R. als Moräne älterer Vergletscherungen; R. Hantke hingegen interpretiert sie als Lokalmoräne (vgl. S. 40).

q_{KS} Küssnacht-Schotter

Schmelzwässer schütteten in einer Vorstossphase des bis in den Vierwaldstättersee vorgestossenen letzteiszeitlichen Reussgletschers Schotter. Sie ziehen sich von Wisserli nördlich Greppen über 3 km gegen die Hohle Gasse hin und sind von Moräne und Schwemmgut von Bächen eingedeckt worden. An der Strasse Greppen-Küssnacht, bei der Gesslerburg und im Kieswerk sind die Schotter verkittet. Zwei in (nicht verkitteten) Schottern aufgetretene Schieferkohlelagen (LÜDI 1953) belegen nach dem Pollenininhalt vorwiegend Nadelhölzer: *Picea* (Fichte), *Pinus* (Föhre) und *Abies* (Tanne), etwas *Alnus*, ?*A. viridis* (Grün-Erle) und *Betula* (Birke). Die Kohlelagen sind vermutlich in frühen letzteiszeitlichen Interstadialen, die Schotter darunter und darüber in kühleren Vorstossphasen abgelagert worden; jene darüber stammen möglicherweise aus dem Vorstoss zum ersten letzteiszeitlichen Maximalstand.

q_{4m} Moränen der Letzten Vergletscherung

Vom Alpenrand stiess der Reussgletscher mit vier Armen – Vierwaldstättersee-, Zugersee, Ägerisee- und Rothenthurmer Arm – ins Mittelland vor und hinterliess mächtige Moränen.

Die Obergrenze des Reusseises ist an der Hochflue-Kette durch Moräne und Graniteratiker um gut 1200 m gekennzeichnet; am Gätterli liegt sie um 1200 m, westlich davon am Hasenbüel um 1180 m, auf Fälmis nördlich des Vitznauerstocks um 1200 m, am Eichiberg nördlich von Vitznau (westlich des Dossen) um 1070 m, bei Gällen NE von Weggis um 1050 m, auf Seeboden um 1040 m und bei Chrüzegg ESE von Küssnacht auf 1027 m. Im Tal der Rigiaa reicht Reussmoräne bis 1100 m, was Erratiker bei Abschlag (2,3 km südlich von Arth) belegen.

Auf der Südflanke des Gersauerstocks reichte das Reusseis im letzteiszeitlichen Maximum bis auf 1125 m. Eine Seitenmoräne liegt östlich von Mittler Urmi (SW des Gersauerstocks) um 1080 m.

An der Südseite der Rigi liegt Reussmoräne im Teuffibachtal nördlich Gersau, auf Hinterbergen und Freibergen, NE und NNW von Vitznau, auf der SE-Seite des Küssnachter Arms bis zur Seebodenalp und NW des Seearmes zwischen Merlischachen-Udligenswil und Risch (NE Meierskappel, bereits auf Blatt Zug). Auf der Nordseite der Rigi zeigen flachere Hänge SE von Lauerz-Goldau bis Chiemen (nördlich Immensee) Moränendecken des Zugerseearms.

Auf der NE-Seite des Rossbergs liegt die höchste Reussmoräne nördlich der Ramenegg (nördlich des Chaiserstocks) um gut 1100 m. Auf der SE-Seite reichte

das Reusseis auf Altstafel südlich des Chaiserstocks auf 1200 m. Dies deckt sich höhenmässig mit der rechten Seitenmoräne am Mostelberg (1190 m, Blatt Ibergeregg), einer Moräne zwischen Ägeri-/Rothenthurmer Arm und einem Gletscher vom Hochstuckli (1566 m). Beim Rossbüel am Rossberg-SE-Hang liegt ein kleiner Wall auf 1130 m.

Zwischen Steinen und Steinerberg, bei Schwand und zwischen Arth und Walchwil wurde Moräne bis auf die Walchwiler Oberallmig abgelagert.

Auf dem Gätterli traf das über Ibach–Lauerz und das über Gersau geflossene Reusseis zusammen und hinterliess auf 1200 m reichlich Kristallinblöcke des Aarmassivs, die zum grossen Teil zur Hangfestigung des Alpsträsschens verwendet wurden.

Altbekannt sind auch die Wälle nördlich des Rossbergs, der 1,5 km lange Wall Rufiberg–Heumoos, der sich nördlich des Lotenbach zur Walchwiler Oberallmig fortsetzt und am Nordrand des Kartengebietes um 960 m liegt, sowie der über 2 km lange Wall auf der Seebodenalp an der NW-Seite der Rigi. KELLER & KRAYSS 1996 (in HABBE 1997) haben diese höchsten Wälle als würmzeitliche Seitenmoränen des Zugersee- bzw. des Vierwaldstätterseearmes des Reussgletschers gedeutet. Westlich der Walchwiler Oberallmig treten bis 920 m fünf Wälle auf. Ein ausgeprägter Wall erstreckt sich von Hasenguethnacht über Süren zum Nordrand des Kartengebietes. Zwischen diesem und dem höchsten Wall bildete sich ein Eisrandsee. Der Wall Hessetschwändi–Chatzenberg entspricht möglicherweise dem Stetten(= Schlieren-)Stand. Kurze Wälle liegen auf dem Chatzenstrick und dem Schwändiberg unterhalb des Rufibergs von 855–800 m, entsprechende Wälle zwischen Seeboden und Küssnacht um 850 m. Sie belegen möglicherweise das Bremgarten(= Zürich-)Stadium. Aus der Hohlform von Altenbann unterhalb Rufiberg erhielt der Muota-/Reussgletscher noch Zuschuss vom Gnipen.

An der Rigilehne SE von Goldau sind um 600–700 m, in Truben, Längen und Chlimattli, Erratiker eines Reussgletscherstandes durch zahlreiche Erratiker zu erkennen. Im Areal Binzenrüti–Fallenboden–Truben wurden Findlinge mit einer Gesamtkubatur von 2900 m³ (= 11600 Blöcke à 1/4 m³) zu Stützmauern zusammengetragen. In den Längen wurde 2002 der Hang urbanisiert und rund 20 m³ Erratiker entfernt. Ein letzter Rest, 40 Blöcke von 0,5–5 m³, liegt auf Truben zwischen 670 und 700 m (GASSER 2003).

Der Höhenrücken des Rooterberges (836 m), der den Küssnachter Arm vom luzernischen Reusstal trennt, war in den letzteiszeitlichen Höchstständen bis ins Bremgarten(= Zürich-)Stadium vom Reussgletscher überfahren. Danach aperte er aus, so dass sich erst das Stadium von Honau (= Hurden–Rapperswil) wieder durch Moränenwälle abzeichnet.

Zwischen Greppen und Immensee hat sich eine eindrückliche Moränenlandschaft entwickelt; oberhalb von Walchwil hingegen fehlen Wälle. Im Profil Alpenhof–Küssnacht–Seematt und Langegg–Küssnacht–Luterbach sind neun Wälle zu erkennen (nicht alle auf der Karte dargestellt); die tiefsten wurden bei Eisvor-

stössen aus Küssnacher Schottern modelliert. NE von Rischberg–Tellskapelle wurden vom Zugerseearm vier Wälle zwischen Institut Bethlehem und Martinsweid abgelagert. Am NW-Hang des Küssnachersees liegt der oberste Wall NE von Udligenswil um 620 m; weitere zeichnen sich bei Chräimatt, Walmatt und Burnig ab.

Vom Bürgenstock ragte nur der Gipfelgrat als schmale Insel über die Eisoberfläche empor. Auf der Südseite liegen höchste Erratiker SW des Gipfels bis auf über 1100 m. Erratiker und Überprägungen sind von der SE-Seite, von der Gigeregg und der Honegg, bekannt.

q₁ Lokalmoränen

Die Neukartierung von Rigi und Rossberg liess schon KOPP (1947, 1948, 1954) eine stärkere Verbreitung von Lokalmoränen erkennen als lange Zeit (BUXTORF et al. 1916) bekannt war. Die Lokalmoränen sind aufgrund des Auftretens von ortsfremden Erratikern älterer Vergletscherungen aber häufig schwierig zu erkennen. Deshalb verwundert es nicht, dass ihre Verbreitung z.T. unsicher oder umstritten ist.

Moränen von Lokalgletschern treten an der Rigi im Tal der Rigiaa, bei Fruttli und Resti, im Seitenast des Rotenfluebaches und an den Hängen auf. Das Tälchen First-Klösterli ist mit Moräne ausgekleidet; bei der Heinrichshütte wurde ein Wall gebildet. Westlich der Scheidegg, auf Rotenflue-Allmig, sind zwei spätglaziale Zungen aus dem Kar der Beinbrechi ausgetreten.

Weitere Zungen spätletzteiszeitlicher Kargletscher lagen bei der Büttersplangg und der Breitplangg oberhalb der Seebodenalp. In seiner Manuskriptkarte deutet KOPP (1962a) die tieferliegende Moränenbedeckung bis zum markanten letzteiszeitlichen Wall der Seebodenalp als Moräne einer älteren Vergletscherung, während R. Hantke diese trotz des Auftretens von ortsfremden Erratikern ebenfalls als Lokalmoräne interpretiert haben möchte. Letztere Darstellung fand auf der Karte Anwendung.

Der Rubigletscher stieg aus dem Kar des Spitzwald vom Grat WSW der Stafelhöhe gegen Greppen ab. An der Nordseite des Scheidegg-Grates sind die Kare von Hinteregg, Schneealpeli, Löcher und Teuffeli mit Lokalmoräne ausgekleidet. Bei Löcher hat sich eine spätglaziale Endmoräne erhalten. Südlich der Scheidegg sind bei Altstafel drei Endmoränen zu erkennen. SE des Kaltbads liegen bei Wichmatt und hinab zum Holoch feingeröllige, von Blöcken durchsetzte Ablagerungen, die sich bei Helgenegg wallartig verzweigen. Sie bekunden teils versackte Moränen eines Gletschers vom Rotstock (1659 m). Vom Schild (1549 m) stieg eine Zunge zum Zopf, vom Würzenstock (1483 m) und vom Dossen (1685 m) eine bis Mittlerschwanden und Brand ab; später endete sie bei Grubisbalm.

In den Tälern nördlich des Rossbergs, an deren Hängen Kalknagelfluh-Bänke auftreten, liegen Rossbergmoränen mit bunten Nagelfluhblöcken. Aus dem Kar zwischen Türlstock und Chaiserstock zeichnen bei der Alp Hürital Moränen Eiszungen nach. Jüngere Stände der Rossbergzungen haben sich in Seitengraben,

auf dem Urzlenboden und beim Unter Alpeli, erhalten; noch jüngere liegen auf dem Ober Alpeli, bei Ober Rossberg, in den höchsten Karen östlich des Gnipen (1588 m), westlich und östlich des Wildspitz' (1580 m) sowie NE und östlich der Langmatt (1570 m). Wälle lösen sich auf der Ramenegg nördlich des Chaiserstocks (1426 m) vom Rossberg. Weiter im NE haben sich Moränenterrassen erhalten.

Auf der Südseite des Rossbergs wurden Wälle zwischen Nol und Nolberg abgelagert. Sie bekunden eine bis unter 1100 m, bis zum Reussgletscher abgestiegene Zunge.

Erratische Blöcke

Schon beim Bau der Gotthardbahn wurden viele erratische Blöcke der Gegend, vorwiegend Granite, als Bausteine verwendet. Wie ein Vergleich mit der Vierwaldstättersee-Karte (BUXTORF et al. 1916) zeigt, sind seither weitere Findlinge zerstört worden. Aaregranitblöcke hat der Reussgletscher am östlichen Urmiberg zurückgelassen; ein Block von 40 m³ liegt am Waldrand nördlich von Äbnet auf 720 m Höhe. Beim Nationalstrassenbau konnten, dank des Einsatzes von J. Gasser, viele Findlinge an leicht veränderten Standorten vor der Zerstörung bewahrt werden.

Erratiker aus den Grössten Kaltzeiten finden sich auf der Westseite der Rigi, bei Stöck sowie östlich der Hochflue, auf dem Gottertli. Diese und markante höchste Granit- und Gneisfindlinge auf der Luzerner Seite der Rigi wurden von der Naturschutzkommission der Naturforschenden Gesellschaft Luzern erworben und geschützt. Ein 50 m³ grosser Aaregranitblock am Nordostende der Seebodenalpmoräne wurde zu Ehren von Albert Heim als Albert-Heim-Stein bezeichnet. Weitere geschützte Blöcke liegen auf der Chrüzegg SE Küssnacht a.R. und auf dem Eichiberg nördlich von Vitznau. Auf der Südseite des Gersauerstocks liegt ein höchster letzteiszeitlicher Aare-Granit östlich von Ober Urmi auf 1125 m, bei Hinterbergen östlich von Vitznau auf 1110 m.

Reich an Graniten ist der Hang von der Seebodenalp gegen Greppen-Küssnacht. Im obersten Ghürschobel SE Küssnacht liegt mit 200 m³ der grösste Erratiker des Vierwaldstättersee-Gebietes, ein Kieselkalkblock. Eine Häufung von Granitblöcken findet sich am Südhang der Halbinsel Chiemen nördlich von Baumgarten, weitere bei Truben südlich von Goldau, südlich von Lauerz und in den Molassetobeln östlich und westlich des Gersauer- oder Vitznauerstocks. Jene westlich des Gätterli wurden mit solchen aus dem Teuffibachtal für Stützmauern am Alpsträsschen Gätterli–Obermatt verwendet. Zahlreich sind Erratiker um den Weidstein SE von Lauerz, wo einige Areale in den letzten 20 Jahren systematisch «gesäubert» worden sind (GASSER 2003).

Im 23 ha grossen Blockmeer von Blattiswald südlich von Steinerberg hinterliess abschmelzendes Reusseis rund 2800 m³ Blöcke. GASSER (2003) zählte noch 2005 Blöcke; den grössten schätzte er gegen 500 m³. Beim Bahn- und beim Na-

tionalstrassenbau sowie bei der Urbanisierung durch Anstösser und Strassenbau wurden rund 800 Blöcke entfernt. Da viele aus demselben Chlorit-Serizit-Gneis, aus vergneisten Graniten und Granitporphyren sowie aus gebänderten Amphibolitmigmatiten bestehen, die an der Südseite des vorderen Maderanertales anstehen und nur wenige Aare-Granite aus dem zentralen Aar-Massiv und dessen Randbereich auftreten (mündl. Mitteilung F. de Quervain, GASSER 2003), sind sie auf einen Felssturz auf den zugeflossenen Maderanergletscher zurückzuführen. Das Ausschmelzen aus dem Maderaner-/Reusseis erfolgte bei Goldau, als dieses dort und in der unterseeischen Moräne von Vitznau stirnte. Für den 35 km langen Eistransport dürfte das Sturzgut rund 400–500 Jahre benötigt haben. Da sich der massig ausgebildete Gneis nicht als Baustein eignet, blieb das Blockmeer als spätglaziale Sehenswürdigkeit, als Geotop, weitgehend erhalten.

Gletscherschliffe, Strudellöcher, Gletschertöpfe

Ein prachtvoller Gletscherschliff über dem Steinbruch Zingel südlich Steinen ist bis auf bescheidene Reste dem Werkbetrieb geopfert worden. Ein Schliff blieb auf der Rossberg-Nagelfluh nördlich der Autobahn bei Steinerberg erhalten (GASSER 1976, 1987: 43); weitere, auf der Karte nicht eingetragene, finden sich beim Chindli, 10–30 m oberhalb der Strasse Brunnen–Gersau (ALB. HEIM 1919) und bei Oberholz unter Moräne, 300 m weiter nördlich (schriftl. Mitt. J. Gasser). Beim Bau der Südostbahn sind in der Rossberg-Molasse zwischen Sattel und Steinerberg Schliffe freigelegt worden (ALB. HEIM 1919, GASSER 1978). Ein weiterer Gletscherschliff ist von der Wissflue SE von Vitznau bekannt.

Strudellöcher sind aus dem Chalibach auf der Wissflue (westlich Vitznauerstock) und aus dem Widibach des Teuffibachtobels bekannt (ZIMMERMANN 1913). Ein Gletschertopf hat sich im «Granitischen Sandstein» von Gloriweid nördlich des Bahnhofs Küssnacht gebildet (Karte Bezirk Küssnacht am Rigi 1996). Die Bildung erfolgte analog wie in Luzern (KELLER & WICK 1985, KELLER 2000), wo sich im kanalisierten, suspensionreichen Schmelzwasserstrom bei Stromschnellen stationäre Wirbel bildeten und unter Druck Gletschertöpfe ausräumten.

Spätglaziale und holozäne Vegetationsentwicklung

Anhand eines Pollenprofils aus der 14,3 m tiefen Bohrung Seeboden südlich Küssnacht a.R. konnte WYNISTORF (1985, 1989) die Vegetationsgeschichte seit dem letztmaligen Rückzug des Reussgletschers aufzeigen. Nach einer Steppenphase erfolgte vor rund 12000 Jahren die spätglaziale Wiederbewaldung durch Föhre und Birke. Mit dem Beginn des Holozäns wanderten wärmeliebende Gehölze – Ulme, Linde, Ahorn und Hasel – ein. Im Atlantikum (um 6000 Jahre v.h.) erreichte die Weissanne das Vierwaldstättersee-Gebiet. Die Fichte wanderte im Laufe des Subboreals (um 3000 Jahre v.h.) ein.

Holozän

Bergsturzmassen an der Rigi und der Randkette

Die Klüftung der Nagelfluhbänke begünstigt ein Durchnässen und Quellen unterliegender Mergellagen. Dies löste besonders an den Südhängen und im Tal der Rigiaa, wo Schicht- und Hangneigung das Abgleiten fördern, Berg- und Blockstürze aus. Die meisten sind spät- und nacheiszeitlich; historische haben sich zwischen Dossen und Gersauer-/Vitznauerstock ereignet.

Eine der ältesten Bergsturzmassen, nach BUXTORF (1916) ein «Riss-/Würm»-interglazialer Sturz, bekundet moränenbedeckter, grober Schrattenkalkschutt in Bachanrissen am SW-Hang der Oberen Stockflue (NW Brunnen) zwischen Timpel und Halten.

Die bedeutendste Sturzmasse, jene der Lützelau vom Grat Geissrügge-Chänzeli-Steiglen (NE Weggis) mit einem Trümmerfeld von 2 km², brach oberhalb der Jädhütte los und ging zwischen Chienbach-Mündung und Hinter Lützelau zum Vierwaldstättersee nieder. In historischer Zeit ereigneten sich von der Orenfadflue (2 km östlich Weggis) weitere Stürze; jener von 1661 hat das Mineralbad Lützelau zerstört. Inaktive Bachdeltas bei der Hinter Lützelau bekunden, dass Sturzgut den Bach vom Felsentor nach Westen abgedrängt hat. Westlich von Schwanz ist solches gegen Laugneri und Rüti östlich von Weggis gestürzt. 1982 brachen in der Lützelau erneut 200 m³ nieder.

Der im Jahre 1674 aus der Wand unterhalb Schwärtwald-Chligruebis ausgebrochene Sturz von Underwile bedeckt 70 ha und verschüttete die älteste Siedlung von Vitznau. Der oberste Teil blieb nach kurzem Sturz stehen; er bildet die vier Klammern: schmale Felszinnen, die eine Schlucht vom Anstehenden trennen. Beim Seeboden ist eine versackte Felspartie stehen geblieben. Östlich schliesst der Sturz von Grubisbalm an, der von der Grubiszingelwand unterhalb des Eichibergs losbrach. Oberhalb der Bahnstation ragt ein Nagelfluhzahn aus der Sackung empor. Sturzgut reicht bis Grabacher am Seeufer.

Aus der Chlämmerliwand südlich Rigi Kaltbad ausgebrochenes Sturzgut erstreckt sich bis Buechen. Der Wald von Kaltbad und die Weide von Grüt sind von Trümmern übersät; diese stammen aus der Wand, die von Kaltbad zum Holloch abfällt. Östlich schliesst eine Sturzmasse von den Felsbändern von Bärenzingel-Vorder Gwürz an. Oberhalb Wichmatt-Romiti und im Schwärtwald schwimmen im Trümmergut versackte Felspartien. Blöcke sind über die Chlämmerli-Wand gestürzt. Gegen Osten geht die Romiti-Schwärtwald-Sturzmasse in jene von Ober Äbnet-Bräd über. Die Sturzmasse vom Heuberg aus dem darüber gelegenen Wald zeigt einen Randwulst, aus dem im Süden ein Schlipf ausgefahren ist. Aus der Rotstock-Wand oberhalb Kaltbad ist ein Sturz niedergebrochen, der bis Wichmatt reichte. Im Sommer 1795 ereignete sich in Weggis auf der Rubi über drei Tage ein Erdschlipf von 5 Mio m³, der über 40 Gebäude zerstörte und teils mit in den See riss. 1982 ereignete sich ein Schlipf über dem Holloch.

1673 sind auf der Vitznauer Alp von der Sytenflue der Oberbrüchen-Sturz oberhalb Oberstafel-Gütsch und weiter östlich von Gütsch und Rämsiboden Stürze aus den Wänden oberhalb Gütsch ausgebrochen. Im Wald bei P. 1392 schwimmt eine versackte Scholle im Sturzgut.

Brüchen- und Gütschrübi sind wohl gleichzeitig niedergefahren. Die mehrere Tage dauernde Brüchenrübi hat auf Mälchgadenalp zwischen Eselsberg, Ruflü und Fälmis sieben Alphütten zerstört und das alte Dorf Vitznau zugedeckt (BUXTORF 1916). Foundationen für das hintere Maschinenhaus der Rigibahn stiessen auf Grundmauern eines durch die Brüchenrübi verschütteten Hauses. 1674 fuhr die Gassrübi als 200 m breite und 400 m lange Nagelfluhplatte von der unteren Gass sich herabziehenden Wand ab, löste sich in Blöcke auf, stürzte durch die Dorfbach-Schlucht nach Vitznau und verschüttete den südlichen Dorfteil (KAUFMANN 1872). Im Frühjahr 2002 brach erneut Gestein nieder. 1910 fuhr eine Rüfi am Heuberg nördlich von Vitznau zu Tal.

Im Brustwald haben Stockrübi (1879) mit 1 Mio m³ und ihre Nachbrüche (1892) den Trümmerstrom zum Altdorf-Bach geschüttet. In geschichtlicher Zeit brach die Langflüeli-Rübi zum Altdorf-Bach nieder. Unterhalb Brändi ist ein Felssturz niedergegangen (BALTZER 1879). 1902 stürzten von der Brustflue SE von Vitznau Betlis-Kalk- und Kieselkalkblöcke nieder. Seither ereigneten sich am Gersauer-/Vitznauerstock über ein Dutzend weiterer Abbrüche, so 1879 und 1892. 1949 verschüttete ein Sturz von der Bäreflue südlich von Vitznau mit 12 000 m³ die Uferstrasse. Am 31.12.1986 brachen 1300 m³ aus der von Scherstörungen durchsetzten Schrattenkalk-Wand der Bürgleflue in den Bannwald nieder; trotz «Felsputzete» ist kein Ende abzusehen (SCHMIDT 1987, KELLER 1993). Dies zeigt, wie in der von Tektonik geprägten Randkette der Abtrag erfolgt: Längs vorgezeichneten Scherstörungen greift der Frost an und bringt jährlich durchschnittlich 200 m³/km² zum Absturz. Das Gafelgebiet bietet ebenfalls eine latente Gefahr; die in den letzten Jahren niedergebrochenen Blöcke haben keine grösseren Schäden bewirkt.

Reich an Abbrüchen sind die Hänge der Gersauer Alp. Oberhalb Nüstafel, Grossried und unterhalb Blattenhüttli lösten sich welche aus Felskesseln; die Trümmer stürzten ins Tobel westlich von Brüggen. Unterhalb Burgeist, zwischen Windegg und Linderegg, und des Höcheli-Grates haben sich von den Nagelfluhbänken östlich von P. 1605 und vom Zirkus darunter Stürze ereignet; ihre Bahn reicht über Ägeten-Rübi bis zum Teuffibach. Bei vielen erfolgte der Sturz auf Eis, besonders nördlich des Rotstock und im Wald zwischen Obermatt und Bergli. Aus dem Kessel unter Sören und den Wänden südlich des Höcheli fuhren Stürze nieder, deren Trümmer bis in die Schlucht westlich von Hasenbüel kollerten. Die Sturzmassen enden an der Moränendecke mit einem Wulst. Gegen Osten geht der Sturz in jenen vom Twäriberg über. Am Grat bei Meien und südlich des Horenbann haben sich zwei Nagelfluhplatten gelöst. Sackungsschutt reicht bis zum Taubertsbach.

Am rechten Talhang der Rigiaa brachen zwei Stürze aus der SE-Flanke des Schild aus. Östlich von Stafel reichen Sackungen bis Hunds- und Riedboden. Im Abbruchgebiet blieben Nagelfluhplatten liegen. Von der Fluh östlich der Chäserenholzhütte und östlich von Trib brachen Stürze nieder, deren Trümmer das Gebiet bis zur Rigiaa überschütteten. Felsen haben sich südlich vom Höreli gelöst; als Schwändi-Sturz bedecken sie ein km² grosses Areal bis Gruenholz und Hohrickbann. Von Schichtköpfen der Nord- und Ostflanke von Rigi Kulm ist aus den Wänden der Geissflue, des Treichi- und Chilebann Sturzgut ausgebrochen. 1897 erfolgte ein Sturz beim Rotenflue-Tunnel der Arth-Rigi-Bahn. 1898 und 1904 haben sich von der Risetenflue zwischen Chilebann und Boliwald und von der Buechzingelflue Partien gelöst; Blöcke reichten bis zur Bahnlinie Immensee-Arth-Goldau. Im Witschwend-Tobel überschütteten Muren die Geleise über 100 m, was sich 1991 wiederholte. An der Rigi haben sich um 50 Bergstürze ereignet; ihr Schutt bedeckt einen Drittel des Areals.

Bergstürze und Sackungen am Büelerberg

Von der Hochflue haben sich Berg- und Felsstürze gelöst. Da sie auf Unter- und Ober Gurgen zu Wällen gestaut wurden, sind sie schon beim ersten letzteiszeitlichen Zurückschmelzen erfolgt. Von Gotterli-Schwand-Rängen und von der Züggelenflue sind Felsstürze als Sackungen weiter talwärts gefahren.

Bergsturmassen am Rossberg

Noch reicher an Bergsturmassen als die Rigi ist die Rossberg-Südflanke. GASSER (2003) unterscheidet in der Umgebung von Goldau vier bedeutende Schlipfstürze. Der bedeutendste ist der prähistorische Sturz von Oberarth im Westen, der bescheidenste der ebenfalls prähistorische Sturz von Rubenen. Dazwischen führen der Sturz von Röten (1222) und der Goldauer Sturz von 1806 nieder. Ein allenfalls interglazialer Sturz ereignete sich an der NW-Flanke des Gnipen, gegen Chlausenegg und St. Adrian.

Das Abrissgebiet des Oberarther Sturzes lag zwischen P. 1383 und dem Gnipen, der zuvor weiter gegen Westen reichte (ZAY 1807). Der Sturz ist gegen Oberarth, Goldau und Gruwi (= Bernerhöchi) gefahren. Auf der oberen Spitzibüelalp liegt die Mergelunterlage bloss. Die obersten Trümmer bilden die bewaldete Kuppe SE des Ochsenbodens. Ober- und Unter-Spitzbüel, die bewaldeten Felslehnen von Härzigwald, Roren und Bigstein sind mit Nagelfluhblöcken übersät. In der Gegend von Oberarth liegen Trümmer bei Guetwinden, Graschlad, Linden, Mettli und Risch. Seither ist zwischen Oberarth und Goldau viel Blockgut gesprengt und zu Bauzwecken verwendet worden. Jenes am Hang von Chatzenstein zur Rigiaa stammt vom Oberarther Sturz (E. Baumberger in BUXTORF 1913; ALB. HEIM 1919, 1932). Auf J. M. Baumanns Relief «Goldau vor 1806» im Tierpark-

Museum ist der Oberarther Sturz, rund 5,5 km² (KOPP 1937), gut abgegrenzt. Blockgut ist eingetragen im unteren Schuttwald, beim Tierpark, zwischen Bernerhöchi und Bahnhofareal, zwischen P. 544 im Schutt und Ottenbach sowie diesem und P. 532. ZAY (1807) erwähnt Trümmer am Geissbüel, am Hügel SW der Kirche. Es besteht kein Zweifel: Das Gebiet zwischen Oberarth und P. 508, wo das alte Buosigen lag, war schon vor dem Sturz von 1806 mit Trümmern übersät. Durch den Goldauer Sturz wurde das östliche Trümmerareal des Oberarther Sturzes überschüttet. Im Gegensatz dazu war der Oberarther arm an Mergelgut: es bildeten sich Blocklawinen, welche Blöcke hoch auf die gegenüberliegende Berglehne schleuderten. Solche liegen bei Bürglen, Chatzenstein, Mangelsflue, Unter Chilchstalden und oberhalb Binzrüti; die höchsten liegen 50 m höher als jene des Sturzes von 1806.

Archivstudien haben ergeben, dass in der Goldauer Talung bei der 1806 verschütteten Kapelle von Rötten ein Dorf stand. Dieses ist durch einen Sturz vor 1806 zerstört worden. Auf alten Stichen steht die Kapelle auf einem Bergsturzhügel (ZEHNDER 1956, 1974, 1988). ZAY (1807) setzte diesen Sturz vor 1354 an. Nachdem Staatsarchivar DETTLING (1860) die Existenz von Rötten urkundlich auf 1220 festlegen konnte, legte er den Rötener Sturz auf 1222 fest. Die Abrissstelle lag im Gebiet westlich des Nolberg.

Tabelle 2: Zusammenfassung der Stürze der Rossberg-Südseite (nach KOPP 1961)

Bergsturz von	Ausbruchsgebiet	Ablagerungsgebiet	Ausdehnung
Oberarth	Gnipen-Ochsenboden	Oberarth-Goldau	ca. 5,5 km ²
Goldau 1806	Gnipen	Goldau-Lauerz	7 km ²
Rötten 1222	Westlich von Nolberg	Unter Grisselen	ungewiss
Halten	Östlich von Nühütte	Schwändiberg	ungewiss
Chapfli	NE von Rubenen	Vrenenberg-Chapfli-Stock	1,5 km ²
Merzenrüti	N. Rossberg-Hütte	Rossbüel-Merzenrüti-Chapf	1,5 km ²
Chilchstalden	Blattenbännli	Chilchstalden-Bergli	0,8 km ²
Lutzi	Gwandelen	Schafboden-Lutzi-Ecce Homo	1,2 km ²
Moos	Gwandelenflue	Husweid-Moos-Seilegg	1,2 km ²

Der Goldauer Bergsturz vom 2. September 1806

Der Bergsturz von Goldau von 1806, die grösste historische Naturkatastrophe der Schweiz, erfolgte nach vielen Vorboten, die sich in nassen Jahren über 30 Jahre hinweg, besonders 1799, 1804 und 1805, angezeigt hatten. Nach grossen Regenfällen im Juli und der zweiten Augushälfte 1806 zeigten sich Risse, die sich

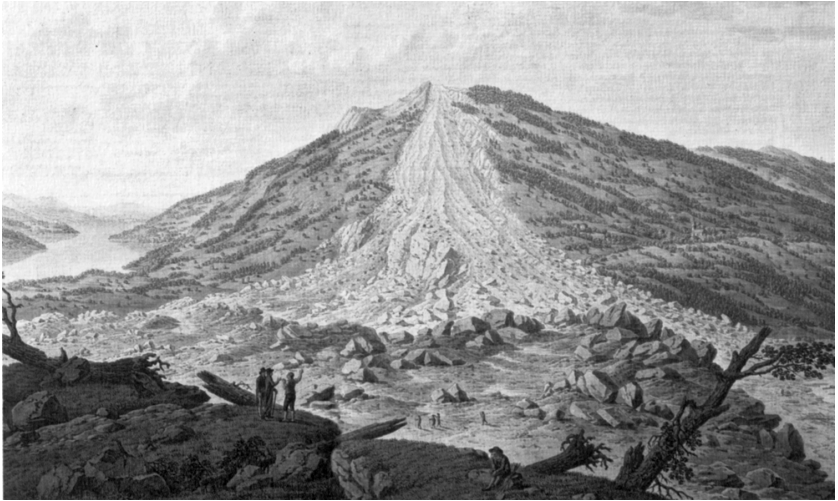


Fig. 7: Die Landschaft um Goldau nach dem Bergsturz. Radierung von Gabriel Lory/
Xaver Triner.

erweiterten und mit Wasser füllten, was der Luzerner Topograph General L. Pfyffer und Pfarrer A. König von Sattel schon Jahre zuvor als bedrohlich erkannt hatten. Über Spalten gespannte Wurzeln rissen mit lautem Knall. An der Steinenberger Flue unter dem Gnipen-Gipfel öffnete sich die Lange Kehle; Fels bröckelte ab und Fichten stürzten über die Wände. Am Morgen des 2. September nahmen Spaltenbildung und Niederbrechen von Blöcken zu. Um 16 Uhr öffnete sich oberhalb von Röten im Hang ein Riss; dann kam die Steinenberger Flue ins Gleiten und löste den Hauptsturz aus. Dieser erfolgte mit wachsender Geschwindigkeit. Nagelfluhbänke zerbrachen, Trümmergut vermischte sich mit Mergel der Zwischenlagen, überfuhr den Weiler Röten und verbreitete sich in vier radialen Strömen ins Tal von Goldau: einer raste auf das Dorf zu und stieg am Gegenhang bis Chräli hoch; ein anderer brandete an die Fallenflue (südlich Bernerhöchi, Flurname nicht auf der Karte eingetragen) und wurde gegen Buosigen abgelenkt. Einer wandte sich gegen den Lauerzersee, wobei der Luftdruck eine Flutwelle auslöste, die sich über Teile der Insel Schwanau wälzte, nach Seewen (Blatt Ibergeregg) eindrang und drei Häuser zerstörte. Auf die bis 70 m/s beschleunigte Bewegung (ALB. HEIM 1932) folgte nach Erschöpfung der Energie ein Erstarren. Am Schuttrand hatte sich mancherorts ein mehrere Meter hoher Randwall gebildet. Nach der Katastrophe, die 457 einheimische und einige fremde Menschenleben forderte, 102 Wohnhäuser, 2 Kirchen und 220 Ställe und Scheunen zerstörte, lagerte über dem Tal gelbroter Staub, der über den Zugersee bis Cham verfrachtet wurde. ZAY (1807), der den Sturz in Zeichnungen und einer Kartenskizze festgehalten hatte, schätzte die Dauer auf 3–4, HEIM auf 1–2 Minuten. In Ausdehnung und Randverlauf zeigen die Darstellungen von ZAY (1807) aber Unterschiede, so dass es schwer fällt, die Grenze exakt anzugeben. Die Sturzrichtung erfolgte nicht genau in der Fallrichtung, sondern wich gegen Osten ab (LEHMANN 1942), was sich auch beim Oberarther Trümmergut feststellen lässt.

Seit dem Niedergang vor 200 Jahren wird die Schuttmasse des Bergsturzes z.T. seitlich von Bachschuttfächern eingedeckt. Ebenso wird der äusserste, östliche Grenzbereich von nachrutschenden Gesteinsmassen überdeckt. Im Trümmerfeld stauten sich auch kleinere Seen: der Tierparksee und weiter östlich das Goldseeli.

Über das Ausmass des Sturzgutes gehen die Schätzungen mit 6 bis 90 Mio m³ weit auseinander. Bei einer mittleren Abrissbreite von 350 m, 1000 m Länge und 30 m Höhe ergibt sich ein minimales Festvolumen von 10 Mio m³, da abgelagertem Schutt ein grösseres Volumen zukommt, gegen 20 Mio m³. Bei 5 m mittlerer Mächtigkeit und 6,5 km² Trümmerareal ergäben sich über 30 Mio m³. HEIM schätzte die Sturzmasse 1882 auf 15 Mio m³, 1919 auf 35–40 Mio m³, 1932 gar auf 40–50 Mio m³; die Schuttschicht auf 25, lokal auf über 50 m (beide Stürze, Oberarther und Goldauer zusammen), KOPP auf 10 Mio m³, die Mächtigkeit auf 10–20 m, STEINER-BALTZER & BÜRG (1943) auf 15–20 Mio m³, GASSER (2003) aufgrund von Bohrungen auf 40 Mio m³.

Als Neigung der Nagelfluhbänke vom Gnipen bis Goldau gibt ALB. HEIM (1932) 11–13° an; am Gnipen beträgt diese gegen 30°; GRUNDMANN (2000) mass im Abbruchbereich 24°.

Bei Grabungen in Goldau wurden Gebäudereste oft nach wenigen Metern angetroffen. Beim Aushub eines Bachbettes kam die mittlere und beim Bau der N4 1973 die kleine Glocke der alten Goldauer Kapelle zum Vorschein.

Über die Mächtigkeit der Goldauer Bergstürze geben Bohrungen der NEAT (G_{1-5} und G_{8-10}) Hinweise. Diese bewegt sich zwischen 4,8 (G_2) und 18,5 m (G_9) für den alten Oberarther Sturz und 14,4 (G_1) und 36 m (G_8) für diesen und den Sturz von 1806 zusammen. Für den prähistorischen Sturz ergeben sich maximal 30 Mio m³, für den Sturz von 1806 gut 15 Mio m³. Noch westlich Nühof an der Strasse gegen Lauerz liegt eine Humusschicht unter 1–2,5 m Sturzgut; in der Gegend von Buosigen bedeckt eine Schlammschicht von 1 bis 1,5 m umgeworfene Bäume (Mitt. H. Meier, Goldau).

Als Ursache des verheerenden Bergsturzes von 1806 gilt das Eindringen von Schneeschmelz- und Regenwasser in Klüfte der hangparallel einfallenden Konglomeratbänke. Dieses schmierte eine kohlige Mergellage im Liegenden der Nagelfluhplatte und verminderte deren Kohäsion, bis die ganze Platte zeriss und ins Rutschen geriet.

Messungen in den letzten 50 Jahren haben am Rossberg-Südhang Verschiebungen von 5 bis 13 cm ergeben (RYF 1983). Das Gebiet kann daher noch immer nicht als stabil bezeichnet werden, doch geben die Bewegungen nicht zu Befürchtungen Anlass. Dagegen sind an der bis 100 m hohen östlichen Abbruchkante in den letzten Jahrzehnten wiederholt Partien niedergebrochen.

1995 ereignete sich im Abrissgebiet des Goldauer Bergsturzes ein grösserer Abbruch; 1996 erfolgte bei Günschi ENE von Steinerberg ein weiterer. Im Oktober 2002 brachen erneut über 70–100 m Breite 2500 m³ Gestein vom westlichen Gipfelgrat ins Trümmerfeld ab. Die August-Unwetter 2005 mit niederschlagsreicher Vorgeschichte verursachten von neuem Schäden. T. Reichlin beschreibt die Gegend Gribisch an der östlichen Abbruchkante und Rufiberg–Gängiger Berg–Bräpfet NW des Gnipen, wo Muren niedergingen. Unterhalb des Ochsenbodens östlich von Arth wälzte sich eine Steinlawine gegen Roren und teilte sich bei Gantli: Ein Ast zwängte sich durch den SBB-Durchlass und kam zum Stehen, der andere verschüttete die Bahnlinie Zug–Goldau und lief sich erst im Tal aus; Schlamm ergoss sich bis zur Rigiaa.

Oberhalb Gribisch löste sich um 1000 m eine Mergelbank, stürzte über die Abbruchkante des Sturzes von 1806, pflügte den Wald vor sich her und kam um Kote 900 m im Goldbach kurz zum Stehen. Die Hochwasser verwandelten den Mergel in eine Schlammlawine, die zutal fuhr und den Wald über 60 m Breite niederwalzte. Auf Kote 680 m wurde sie durch Blöcke des Sturzes von 1806 und mitgeführte Bäume zu einem Schlammteich gestaut, zerstörte zwei Häuser, durchbrach das Hindernis, füllte eine Senke, trieb gegen Goldau und deckte

Grosswyer ein (Koord. 685.05/212.20). Wenn auch die Ereignisse von 2005 weit bescheidener waren, so zeigten sie doch, dass am Rossberg weiterhin Gefahren lauern.

Rutschmassen

Die grösste zusammenhängende Rutsch- und Sackungsmasse liegt zwischen der Helvetischen Randkette und dem Dorf Lauerz. Hang- und Blockschutt der Randkette sowie Moränenablagerungen sind über den verwitterungsanfälligen Gesteinen der «Randflysch-Zone» ins Rutschen geraten. Durch Bohrungen für den geplanten Urmiberg-Tunnel (A_{1-5}) wurde ihre Mächtigkeit bekannt. In A_1 lag der Fels in 55,9 m, in A_2 in 80,2 m und in A_4 in 46,9 m Tiefe; A_3 und A_5 mussten bei 64,6 bzw. 105,8 m Tiefe abgebrochen werden, ohne den anstehenden Fels zu erreichen (FREIMOSER et al. 1993).

Murgangablagerungen

Südwestlich des Dorfes Lauerz (Koord. ca. 687.35/209.15) fällt eine Rutschmasse durch ihre Morphologie und die darin enthaltenen grossen Gesteinsblöcke auf. Es könnte sich um Ablagerungen eines grossen Murganges handeln. Auf eine spezielle Ausscheidung wurde in der Karte verzichtet.

Sackungsmassen

Grössere Sackungsmassen liegen besonders in der Molasse des Rigi-Rossberg-Gebietes vor. Dabei erfolgten die Sackungen schichtparallel auf den nach SE geneigten zwischengeschalteten Mergellagen. Im Gebiet der Teuffibach-Schuppenzone mit ihrem z.T. sehr steilen Schichteinfallen sind ebenfalls grosse Molassepakete nach Süden versackt.

TEKTONIK

Regionaler Rahmen

Das Gebiet von Atlasblatt Rigi liegt im Grenzgebiet Molasse/Alpen. Im Nordwesten bildet die aufgerichtete mittelländische Molasse eine Schichtrippenlandschaft. Südlich davon schliesst die verschuppte und z.T. verfaltete Triangelzone der subalpinen Molasse an. Den Hauptanteil des Gebietes auf Atlasblatt Rigi nimmt die bis zu 4000 m mächtige Rigi-Rossberg-Schuppe ein. Sie grenzt im Süden an die subalpine «Randflysch-Zone» und die verscherte Helvetische Randkette an. Ganz im Südosten des Kartenblattes treten beim Kloster Ingenbohl noch Stad-Mergel auf, die zur nördlichsten Drusberg-Decke gerechnet werden.

AUFGERICHTETE MITTELLÄNDISCHE MOLASSE

Die aufgerichtete mittelländische Molasse umfasst im Gebiet von Atlasblatt Rigi den jüngeren Anteil der USM (ab der «Granitischen Molasse») bis zum ältesten Anteil der St. Gallen-Formation der OMM. Das NW-Einfallen der Schichten nimmt dabei von NW gegen SE immer steilere Werte an. Innerhalb der «Granitischen Molasse» bei Udligenswil zeigt sich ein Fallen von 75° gegen NW, weiter NE bei Hohrütli 85° gegen NW; beim Knie des Erlibaches SW von Erli fallen sie mit 85° gegen SE (überkippt?).

Der Rooterberg ist von kleineren Querstörungen durchsetzt. Diese sind jedoch weit geringer als in der Schichtrippenlandschaft weiter südlich, zwischen Luzerner Bucht und Zugersee. Sie bewegen sich zwischen wenigen Metern und einigen Zehnern von Metern.

SUBALPINE MOLASSE

Die subalpine Molasse umfasst im Gebiet von Blatt Rigi drei über die Blattgrenzen hinaus durchhaltende tektonische Einheiten: die Höhronen-, die St. Jost (= Grindelegg-)Schuppe und die Rigi-Rossberg-Schuppe (inkl. Rigi-Basissschuppe). Untergeordnet tritt östlich des Gersauerstocks zwischen der Rigi-Hauptschuppe und der «subalpinen Randflysch-Zone» die Teuffibach-Schuppenzone auf, deren interne Bereiche mit dem «Randflysch» verschuppt sind.

Die aufgerichtete mittelländische Molasse und der Nordrand der subalpinen Molasse bilden eine Triangelzone (Fig. 8, VOLLMAYR & WENDT 1987, VOLLMAYR 1992), deren charakteristischer tektonischer Stil sich weit nach Osten bis nach Vorarlberg verfolgen lässt (MÜLLER et al. 1988). BAUMBERGER (1934) und BUXTORF & KOPP (1943) interpretierten aus den Oberflächenaufschlüssen auf dem Gebiet von Atlasblatt Rigi für diesen Bereich eine intensiv verfaltete Zone, während BURKHARD (1990) den Überschiebungsgürtel als Triangelzone mit Duplexstrukturen darstellt. GREBER et al. (1994) interpretierten die Verhältnisse der Geothermiebohrung Weggis unterhalb der Hauptüberschiebung als möglicherweise intensiv verschuppten Bereich.

Als verlässlich gesichert können die Grenzen aufgerichtete mittelländische Molasse/Höhronen-Schuppe, Höhronen-Schuppe/St. Jost-Schuppe und St. Jost-Schuppe/Rigi-Hauptschuppe gelten. Demgegenüber ist die interne tektonische Gliederung der subalpinen Granitischen Molasse westlich des Zugersees (Höhronen-Schuppe s.l.) wesentlich unklarer. KOPP (1962b) unterschied auf dem westlich angrenzenden Atlasblatt Luzern verschiedene Syn- und Antiklinalen (vgl. Kapitel Höhronen-Schuppe). Auf dem Gebiet von Atlasblatt Rigi entzieht sich jedoch der südliche Anteil der Granitischen Molasse der Beobachtung; zuerst durch die Lage im Küssnachersee, weiter östlich bei Küssnacht durch Bedeckung mit Schottern und Moräne und schliesslich wieder durch den südlichen Zugersee. Am Ostufer des Zugersees tritt dann erstmals die St. Jost-Schuppe auf, deren Einsetzen sich ebenfalls der Beobachtung entzieht. Für die Beschreibung des nördlichen Teils der subalpinen Granitischen Molasse halten wir uns an die Terminologie von KOPP (1962b).

Höhronen-Schuppe

Auf dem Gebiet von Atlasblatt Rigi bildet die Höhronen-Schuppe östlich des Zugersees den Nordrand der subalpinen Molasse, wobei die Höhronen-Aufschiebung selbst im Gelände nirgends aufgeschlossen ist. Die Höhronen-Schuppe wird nur aus der Granitischen Molasse aufgebaut und bildet eine einheitlich nach SSE einfallende, breite Platte, die auf den Südrand der mittelländischen Molasse aufgeschoben ist (vgl. Atlasblatt 89 Zug). Ihre Fortsetzung auf der Westseite des Zugersees findet die Höhronen-Schuppe im Chiemen. Wenig westlich des Zugersees ändert jedoch der tektonische Stil: Die Aufschiebung wird immer steiler, die ganze Zone ist weniger breit, weist dafür aber interne Komplikationen auf (Verfaltungen, Aufschiebungen). Die Abgrenzung der Höhronen-Schuppe gegen Westen ist, wenn man sie nicht auf die Ostseite des Zugersees beschränken will, diffus; die weitesten Geröllschübe reichen gegen Westen über Luzern hinaus.

Innerhalb der subalpinen Granitischen Molasse unterschied KOPP (1962b) auf dem westlich angrenzenden Atlasblatt 28 Luzern von Süden nach Norden: «Altstaad-Antiklinale», Allmendli-Sagenbach-Synklinale und «Haupt- oder Würzen-

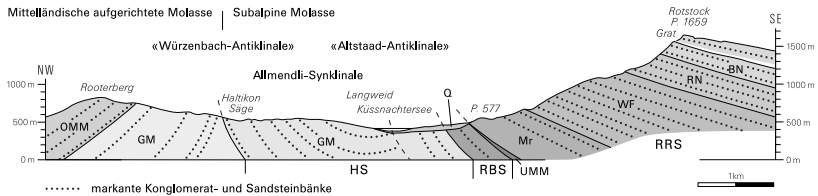


Fig. 8: Profil vom Rooterberg bis zum Rotstock westlich Rigi Kulm.

GM = Granitische Molasse, HS = Höhronen-Schuppe, Mr = Molasse rouge, OMM= Obere Meeresmolasse, Q = quartäre Ablagerungen, RBS = Rigi-Basischuppe, RN = Radiolaritreiche Nagelfluh, BN = Bunte Rigi-Nagelfluh, RRS = Rigi-Rossberg-Schuppe, UMM = Untere Meeresmolasse, WF = Weggis-Formation

bach-Antiklinale». Sowohl bei der «Altstaad-Antiklinale» als auch bei der «Haupt- oder Würzenbach-Antiklinale» handelt es sich auf dem Gebiet von Atlasblatt Rigi um steile Aufschiebungen innerhalb der Triangelzone (Fig. 8). Einzelne Oberflächenaufschlüsse passen zudem nicht in das Schema von KOPP (1962b); möglicherweise ist mit zusätzlichen Aufschiebungen oder Verschuppungen zu rechnen.

Östlich der Linie Küssnacht–Fänn ist die «Hauptantiklinale» gegen NW überkippt. Der SE-Schenkel ist von S–N laufenden Querstörungen durchschert; sie treten als Tälchen in Erscheinung (BUXTORF & KOPP 1943). Die Nagelfluhbänke sind bis zu 50 m horizontal versetzt. Auf der Halbinsel Chiemen sind die Störungen SSE–NNW orientiert. Beim Bruch Baumgarten–Teuftal stösst eine Nagelfluhbank gegen Mergel. Auch die Flanken der rinnenförmigen Verbindung des südlichen und nördlichen Zugersees folgen zwischen Chiemen und Lotenbach solchen Querstörungen, was schon FREI (1914) erkannt hat. Ebenso der Einschnitt zwischen Chilchberg und Schönau (Blatt Zug), der von SBB-Linie und Autobahn benutzt wird, bekundet, wie FREI (1914) und KOPP (1962b) vermutet haben, eine Blattverschiebung. Eine weiter östlich verlaufende, parallele Störung wird von OTTIGER et al. (1990) angedeutet. SE–NW streichende Querbrüche treten im Sonnenhoftobel NE von Udligenswil und im Tobel bei Reben SW von Merlischachen auf.

KOPP (1962a) fand keine Anzeichen, wonach die im westlichen Rigi-Ausläufer festgestellten ESE–WNW und SE–NW laufenden Brüche mit den nahezu S–N laufenden Störungen nördlich des Küssnachersees in Zusammenhang stehen. Beide Schersysteme sind mit der Aufschiebung der Rigi-Schuppe zu verbinden. Im zentralen Bereich wirkten sie sich bis in die vorgelagerten Molassestrukturen aus. Gegen die Halbinsel Chiemen und am Ostufer des Zugersees tritt der Anschlag der Rossberg-Abfolge stärker in Erscheinung, so dass die Störungen gegen SSE–NNW abdrehen.

Die bei Vorder Meggen (Blatt Luzern) aufgeschlossene Allmendli-Synklinale tritt NW von Bärgiswil auf Blatt Rigi und verläuft sicher bis Merlischachen–Küss-

nacht; weiter östlich verliert sich der Synklijalcharakter. Ihr NW-Schenkel fällt bei Bärgiswil und Rebmat mit 60–40° gegen SE und ist bis zur Halbinsel Chiemen zu verfolgen.

Schon KAUFMANN (1872) und FREI (1914) fanden im Sagenbach¹⁾ nördlich von Walchwil eine Synklinale; HABICHT (1945b) hat die Stelle hingegen als unbedeutende Schichtverbiegung betrachtet. KOPPS (1962a) Aufnahmen 1:5000 haben ergeben, dass auf der SE-Seite zwischen Sagenbrugg und Oberdorf fünf Nagelfluhbänke auftreten, die alle mit 10–12° gegen NW–NNW einfallen.

Die unterste Bank unter der Sagenbrugg biegt 100 m weiter NW auf und bildet die Geländerippe, die von Büel gegen Suren ansteigt. Auf der NW-Seite des Baches, zwischen dem Einschnitt zum Bahntunnel nördlich von Büel und Suren, fallen die Schichten mit 5–10° gegen SE oder S ein. Die Synklijalachse verläuft 25 m nördlich der Sagenbrugg, quert in NE-Richtung den Bach, folgt ihm zwischen Suren und Oberdorf, tritt nördlich von Oberdorf auf die linke Seite und verschwindet bei Freudenberg unter Moräne. HABICHT (1945b) hat die Sagenbach-Mulde, aufgrund von Schichtverbiegungen bei Ochsenrütli (75 m SE vom Hof Zipfel) 500 m weiter südlich, an die Nordseite des Walchwiler Dorfbaches verlegt. Der von ihm angenommene Verlauf der Sagenbach-Mulde fällt mit der Überschiebung der St. Jost-Schuppe zusammen. Zwischen Zipfel und Dorfbach ist der tektonische Bau schwierig zu erkennen, Schichtmessungen sprechen für eine Antiklinale. HABICHT (1945b) erwähnt am Strässchen NE der Ochsenrütli (80 m östlich P. 608) mit 79° gegen SW einfallende Höhrnen-Nagelfluh und bei P. 607 mit 4° NW-fallende Schichten. Auf der Rippe P. 607 fällt Bunte Nagelfluh am Strässchen mit 35° gegen ESE, die Granitische Molasse am Waldrand NE von P. 608 mit 10° gegen NW. Die Aufschlüsse deuten darauf hin, dass dazwischen die Achse einer überkippten, in ihrem Kern aufgebrochenen Falte verläuft. Da im Bahneinschnitt SW von P. 508 bei Oberdorf die Sandsteine mit 15–20° gegen SE fallen, zieht zwischen den Aufschlüssen und jenen NE von Zipfel eine Mulde durch, die Zipfel-Synklinale. Das zwischen Zipfel- und Sagenbach-Synklinale sich ergebende Gewölbe hat KOPP (1961) Oberdorf-Antiklinale, jenes SE der Zipfel-Synklinale Dorfbach-Antiklinale genannt. Diese entspricht wohl der Fortsetzung der «Altstaad-Antiklinale» gegen NE. Von der Sagenbach-Synklinale bis Murpfl (Atlasblatt 89 Zug) fällt die Nagelfluh mit 25–30° gegen SE.

St. Jost-(= Grindelegg-)Schuppe

30–60° SE einfallende Gesteine der St. Jost-Schuppe stehen zwischen Walchwil und Altensee an. Weiter gegen NE sind sie von Moränen überdeckt. Gegen Norden stossen sie an Granitische Molasse, gegen Süden bilden zuerst noch Un-

¹⁾ Auf der Karte ist der Sagenbach nicht benannt, die Brücke darüber aber als Sagenbrugg bezeichnet.

tere Meeresmolasse (geringmächtige Grisiger Mergel und Horwer Platten), weiter gegen Osten dann die Molasse rouge die Grenze gegen die Rigi-Rossberg-Schuppe. Diese ist erst weiter östlich wieder zu fassen. SW von Schlunried, im Grenzgebiet zu Atlasblatt Zug, verläuft eine Nagelfluhrippe. KOPP & MARTIN (1939) haben diese zuerst als «Aquitane»-Schürfling aufgefasst, 1961 aufgrund der Lithofazies aber zur St. Jost-Schuppe gerechnet. Rötliche Mergel, Molasse rouge, welche die Basis der Rossberg-Schuppe bilden, liegen im Bach nördlich von Haslen. Pseudogranitische Sandsteine und Granitgeröll führende Kalknagelfluh am linken Alpbach-Ufer östlich Ochsenfeissi gehören bereits zur St. Jost-Schuppe.

Rigi-Rossberg-Schuppe

Die Rigi-Rossberg-Schuppe umfasst an ihrer Basis geringmächtige mittlere und obere UMM, darüber folgt die mehr als 3000 m mächtige USM. Die Hauptaufschiebung tritt nördlich von Zinnen (NW Hertenstein) im Küsnachtersee von Westen in das Gebiet von Atlasblatt Rigi. Durch die Postunen-Störung hat ein Versatz stattgefunden, der die Überschiebung nahe ans Seeufer bringt, an dem Grisiger Mergel mit kurzem Unterbruch bis zur Säge Greppen anstehen. Nördlich der Kirche Greppen erfolgt ein Versatz durch die Weggis-Greppen-Störung (BUXTORF & KOPP 1943). Unmittelbar östlich, im Widenbach, treten Horwer Platten so nahe an Gesteine der Rigi-Basisschuppe heran, dass für Grisiger Mergel kaum mehr Raum bleibt.

Die Thermalbohrung Weggis (GREBER et al. 1994) hat die Hauptüberschiebung in 780 bis 802 m Tiefe durchfahren. Daraus resultiert ein Einfallen von 27° gegen SE, weitgehend parallel zum Schichtfallen.

Weiter gegen Osten lässt sich die Hauptaufschiebung erst wieder östlich des Zugersees, bei Altensee–St. Adrian, beobachten. Im Rufibach sind von der SBB-Brücke bis zum Knie Horwer Platten und geringmächtige Grisiger Mergel aufgeschlossen. Die Hauptaufschiebung verläuft unter Moräne hart NW des Baches. Am Waldhang östlich Obergaden treten 30–40 m Grisiger Mergel auf; östlich Obermattli sind sie ausgequetscht. Horwer Platten kommen nahe an die Granitgeröll führende Kalknagelfluh der St. Jost-Schuppe heran. Dazwischen liegt die Hauptaufschiebung unter Moräne; sie tritt erst wieder östlich des Grossmattstollen zutage.

Teuffibach-Schuppenzone

Zwischen Gersauerstock und Hochflue ist die subalpine Molasse dachziegelartig verschuppt. Für diesen Bereich hat sich die Bezeichnung Teuffibach-Schuppenzone eingebürgert. STÜRM (1973) hat aufgrund von Schwermineral-Spektren mehrere Schuppen unterschieden: eine starre externe Zone mit der steil angelaagerten Schwandenegg-Schuppe und eine duktilere, durch subalpinen Flysch und

südhelvetisches Tertiär getrennte interne Zone mit Teuffibach-, Brand-, Rotflüelen- und Rotegg-/Rot Zingel-Schuppe (STÜRM 1973: 75f). Die einzelnen Schuppen fallen deutlich steiler gegen Süden ein als die Schichten der Rigi-Hauptschuppe. Das steilere Einfallen der Abfolgen mit Einfallen bis zu 90° führte auf Mergellagen der Schuppen zu ausgedehnten Sackungen.

Eine spezielle historische Bedeutung erhielt das Teuffibachtobel durch die von EBEL (1808, 1811) von dort beschriebene Lagebeziehung zwischen dem hangenden «Alpen-Kalkstein» (Kreidekalke der Helvetischen Decken) und dem (vermeintlich) älteren, liegenden «Sandstein- und Nagelfluhgebilde» (Subalpine Molasse, Oligozän). In der Tat scheinen die Kreidekalke über der Nagelfluh zu liegen, weshalb an dieser abgelegenen – und nach Hans Conrad Escher «scheusslich wilden» – Bachschlucht sich die Geognosten über dieses Dilemma und dessen Bedeutung für den Bau der Alpen ereiferten. Erst mit der Erkenntnis der Existenz von Überschiebungen sollte sich dieses Problem lösen. Eine ausführliche Schilderung dieses historischen Disputes findet sich in FRANKS et al. (2001).

Externe Teuffibach-Schuppenzone

Die externe Teuffibach-Schuppenzone besteht aus der Schwandenegg-Schuppe. Diese zeigt noch weitgehend eine geröll- und sedimentpetrographische Übereinstimmung mit der Scheidegg-Nagelfluh der höchsten Rigi-Schüttung. Sie entspricht deshalb vermutlich einem von der höchsten Scheidegg-Nagelfluh abgesicherten Schichtverband.

Interne Teuffibach-Schuppenzone

Den durch Flysch-Spikkel von der Rigi-Hauptschuppe getrennten internen, 52–66° gegen SSE einfallenden Schuppen (Teuffibach-, Brand-, Rotflüelen- und Rotegg-/Rot Zingel-Schuppe) gemeinsam ist der niedrige Granatgehalt (17–28%). Dadurch unterscheiden sie sich von der Rigi-Hauptschuppe, deren Granatgehalte durchwegs über 40% liegen. Die Gründe für den tieferen Granatgehalt könnten nach STÜRM (1973) auf Vererzungen zurückzuführen sein. Zirkone und Granate sind von einer ferritischen Haut überzogen, erscheinen als opake Körner und werden bei der Schwermineralzählung nicht erfasst. Die verschiedenen Schuppen unterscheiden sich z.T. jedoch auch deutlich in der Geröllpetrographie; eine sichere Zuordnung zu einem bestimmten stratigraphischen Abschnitt der Rigi-Schüttung ist daher nicht möglich (Diskussion in STÜRM 1973: 77ff.).

Eine andere Möglichkeit wäre die Deutung der internen Teuffibach-Schuppe als jüngste, proximale Anteile der Rigi-Schüttung, die bei der beginnenden Erosion und Verwitterung älterer, bereits aufgerichteter alpennaher Schüttungsanteile entstanden wären und später tektonisch abgesichert und verschuppt wurden.

HELVETIKUM

Subalpine «Randflysch-Zone»

Zwischen der subalpinen Molasse und der helvetischen Randkette ist eine Serie von Spätkreide und helvetischem Tertiär eingeklemmt, die als «Randflysch» bezeichnet wird. Die Zusammensetzung dieser Serie schwankt stark; meistens bilden Stad-Mergel und «Wildflysch» die Hauptmasse.

Von Westen betrachtend, ist die «subalpine Randflysch-Zone» erstmals östlich von Vitznau aufgeschlossen; weiter westlich, nördlich des Bürgenstockes, liegt sie unter Seeniveau. Östlich von Vitznau grenzt ein isoliertes Vorkommen von «Wildflysch» direkt an Bunte Rigi-Nagelfluh. Dieses Vorkommen ist durch die gleiche Scherstörung betroffen, welche die beiden Kreideschuppen der Randkette zwischen Gersauerstock und Sattelflue dextral um ca. 2 km versetzt hat.

Am Westufer des Lauerzersees sind im Hügel von Ottenfels mindestens sieben Nummulitenkalkbänke (Einsiedeln-Formation) tektonisch übereinandergelagert. Dieser als «Schuppenzone von Lauerz» bezeichnete Bereich findet seine östliche Fortsetzung bei Schornen, auf der Ostseite des Lauerzersees. Von Schornen-Platten gegen NE ist der Nummulitenkalk als Bank oder Doppelbank zu verfolgen, fällt südlich Engelstock (Blatt Ibergeregge) aus und erscheint erst wieder im Alptal, am Ausgang der Grosser Runs und am Sihlsee als Äussere Einsiedler Schuppenzone (Blatt Ibergeregge). Sonst ist die Verbreitung der Nummulitenkalke eher regellos. Meist sind es einzelne Bänke oder Klötze, wie SSE des Gätterli nördlich der Hochflue, westlich Chäppelberg oberhalb Gersau oder dann mehrere Schuppen, wie östlich des Gersauerstocks.

600 m SE des Gätterli tritt aus dem subalpinen Flysch eine Rippe von Schratenkalk und Brisi-Member empor. Der Schürfling glitt wohl von einem höheren Element der Axen-Decke ab und wurde bei der Platznahme mit subalpinem Flysch an den Alpenrand verschleppt.

Bei Schwändi, 2 km SE von Lauerz, treten aus dem schuttbedeckten NW-Hang des Urmiberges zwei Konglomeratrippen (Gruontal-Konglomerat) mit untergeordnet grobem Quarzsandstein (oberem Altdorfer Sandstein) hervor. Die Geröllkomponenten bestehen aus dunklen, spätigen und sandigen sowie hellgrauen, mikritischen Kalken, Quarziten und kristallinen Gesteinen. Wie schon BUXTORF (1916) festgestellt hat, stimmen sie mit dem Gruontal-Konglomerat NE von Flüelen überein. Beim Vorgehen der helvetischen Decken wurde ein Span vom Dach des parautochthonen Altdorfer Sandsteins abgerissen und mit subalpinem Randflysch an den Alpenrand verfrachtet.

Helvetische Randkette

Die steil gegen Süden einfallende Helvetische Randkette baut im Gebiet von Atlasblatt Rigi den Bürgenstock, den Vitznauer-/Gersauerstock und die Hochflue

auf. Zwischen Ober Nas südlich von Vitznau und Gottertli besteht die Randkette deutlich erkennbar aus zwei Schuppen. Die nördliche, tiefere Hochflue-Schuppe bildet den Vitznauer-/Gersauerstock und die Hochflue und verschwindet gegen Osten unterhalb der Egg. Die südlichere, höhere Urmiberg-Schuppe beginnt bei Ober Nas, bildet den Südhang des Vitznauer-/Gersauerstocks und der Hochflue, springt an der Egg nach Norden vor und bricht bei Seewen ab. Zwischen Gottertli und Seewen besteht die Hochflue-Kette nur noch aus der Urmiberg-Schuppe. Die Aufschiebung zwischen den beiden Randkettenschuppen von Hochflue und Urmiberg ist nur an wenigen Stellen sichtbar: im Lättobel SSE von Vitznau sowie am Süd- und Osthang der Hochflue.

Die Randkette wird mehrfach von bedeutenden Querstörungen durchsetzt: zwischen Ober und Unter Nas, zwischen Schiberen und Unter Rotschuo, zwischen Vitznau und Gersau sowie bei Schrängigen.

Hochflue-Schuppe

Die Hochflue-Schuppe setzt südlich Vitznau ein und verschwindet nach ca. 8 km unterhalb der Egg östlich der Hochflue. Besonders eindrücklich ist der Abschnitt östlich des Hochflue-Gipfels, vor allem das Gebiet der Egg, vom Sattel westlich des Spitz zum Gottertli. Schon KAUFMANN (1872: 37) hat diesem eine zutreffende Beschreibung und eine Detailkarte (Taf. 5) gewidmet. Wie BUXTORF (1916) festgehalten hat, reicht die Abfolge vom Schrattenkalk bis zum Eozän der Hochflue-Schuppe nicht bis auf die Egg; sie bricht in der steilen Nordflanke westlich Egg ab.

Der untere Teil des Schrattenkalks der Hochflue springt SE des Gipfelgrates spornförmig gegen das Tal vor und wird weiter östlich durch eine Querstörung abgeschnitten. Die aufliegende Abfolge untere Orbitolinenschichten-Nummulitenkalk ist geschleppt, so dass sie in verkehrter Lagerung dem Ostabbruch des unteren Schrattenkalkes angeklebt erscheint. Am Spitz setzt die leicht überkippte Schrattenkalk-Eozän-Abfolge wieder ein; sie biegt gegen NE auf die Nordseite in normale Lagerung um. Eine Folge der Querstörung westlich des Spitz ist die Häufung von Stad-Mergeln bei der Egg. Sie hat bewirkt, dass die Störung in der Urmiberg-Schuppe weniger markant erscheint und sich am Gottertli als Schleppung gegen Norden äussert. Dabei wurden die Schichten des Valanginien ausgewalzt. Wie schon BUXTORF (1913, 1916) festgehalten hat, setzen sich die Querstörungen am Ostrand der Hochflue nicht in die südlich angelagerte Urmiberg-Schuppe der Spitzeren fort.

Die Querstörung der Egg bedeutet für die Hochflue-Kette eine Stauchung. Sie steht im Gegensatz zu Störungen, die eine Zerreißung, eine Streckung, bewirkt haben. Weder der nördlich unter Bergsturzmateriel der Hochflue liegende subalpine Flysch noch die östliche Scheidegg-Nagelfluh deuten auf eine die Egg-Störung erklärende Besonderheit hin, so dass diese schon bei der Aufschiebung existiert haben dürfte.

Weniger komplex erscheint die Störung von Schwand NE des Gottertli. Sie verläuft SW–NE und setzt im Stotzigbann die Kieselkalk-Schrattenkalk-Abfolge um 250 m tiefer. Durch das Auftreten von Drusberg-Formation südlich von Schwand zeichnet sie sich erneut ab.

Die reliktsichen Kreidevorkommen am Nordufer der Bürgenstockkette, in der Ober- und Untermatt, interpretierte BUXTORF (1910, 1913, 1916) – aus faziellen Gründen – als vom Nordrand der Bürgenstock-Teildecke abgeglittene Schollen. Da von der Schichtfolge nur bescheidene Teile vorliegen – in der Obermatt: oberer Schrattenkalk und Brisi-Member, in der Untermatt: unterer Schrattenkalk bis geringmächtiger Seewen-Kalk und transgredierendes Eozän – können diese ebenso gut Reste der unter der Bürgenstock-Teildecke auftauchenden Hochflue-Schuppe darstellen. Dies umso mehr, als die Fazies im Osten, bei Bürglen südlich von Vitznau, mit gleichem Schichtinhalt – geringmächtiger Seewen-Kalk und transgredierender Assilinengrünsand ohne Nummulitenkalk – in der Ober Nas abtaucht und weiter westlich, im basalen Bürgenstock, im Fürigen-Element, wieder auftritt (Blatt Alpnach).

Urmiberg-Schuppe

Das äusserste Ostende des Urmiberges lässt im Seewen-Kalk ein kleines Gewölbe und eine Muldenbiegung erkennen, bevor dieses unter dem Schuttfächer des Nietenbachs (bereits Blatt Ibergereg) verschwindet. Das Abtauchen ist von staffelartigen Querstörungen begleitet.

Das äusserste SW-Ende der Hochflue, die Scholle von Buol (Chilcheflue), eine Abfolge von unterem Schrattenkalk bis Seewen-Kalk, wurde – analog dem Gersauerstock – längs einer nischenförmig in die Hochflue-Kette einspringenden Störung um 300 m gegen NNW vorgeschoben. Abfolge und Fazies der Buol-Scholle stimmen mit jener von Sellen-Sattelflue überein; beide gehören zur Urmiberg-Schuppe.

Gegen Westen, über die See-Enge zwischen den Nasen, setzt sich die Urmiberg-Schuppe – wiederum faziell und stellungsmässig identisch – in die Bürgenstock-Teildecke fort. Sie besteht zwischen Unter Nas und Hammetschwand aus einer verscherten und verschuppten, südfallenden Kreide-Eozän-Abfolge. Bei der Honegg schliesst südlich ein kleines Gewölbe an, das gegen Westen an Bedeutung gewinnt. Dazwischen hat sich die Mulde von Obbürgen entwickelt, die sich gegen Westen ebenfalls akzentuiert (Blatt Alpnach). Zwischen Stans und Stansstad bricht die Bürgenstock-Abfolge jäh ab; sie setzt sich westlich der 700–800 m breiten Talebene in den Rotzberg und nach einer weiteren Querstörung in den Muoterschwanderberg fort.

Am kompliziertesten gestaltet sich die Tektonik des Bürgenstocks am Schlüsselhorn. Dort lässt sich, durch steile Scherflächen getrennt, eine dreifache Abfolge von Garschella-Formation bis Seewen-Kalk beobachten. In der Rappersflue und

vom Schartigrat gegen die Unter Nas vereinfacht sich der Baustil wieder. Die Kreide-Eozän-Platte fällt, an SSW-ENE-Störungen versetzt, steil gegen Süden ein.

Von den Längsstörungen bewirkte jene auf der NW-Seite des Urmibergs, beim Ausfluss der Seewere (P. 450 westlich Seewen, Blatt Ibergeregg) ein Ausquetschen der Drusberg-Formation zwischen Kieselkalk und dem unterem Teil des Schrattenkalks. Im Züggelenwald ist eine weitere derartige Längsstörung zwischen dem oberen Teil des Schrattenkalks und dem Seewen-Kalk von gequetschten Paketen von Garschella-Formation begleitet. Die Bewegung hat vor allem in den Fluebrig-Schichten stattgefunden. Eine dritte Störung von entgegengesetztem Bewegungssinn bewirkte auf der SE-Abdachung des Urmibergs eine Verdoppelung der Abfolge Seewen-Kalk-Hohgant-Schiefer.

Die Querbrüche beschränken sich vorab auf den Abschnitt Züggelenflue-Ränggen mit den Hauptstörungen Züggelenflue-Willigs und Ränggen-Schränggigen. Weiter westlich treten drei weniger bedeutende Störungen auf. Ihre letzte hat NW von Schränggigen das Eozän tiefer gesetzt. Neben vertikalen sind transversale Bewegungen von Bedeutung. Die zwischen Züggelenflue und In den Blatten eingebettete jüngere Abfolge wurde von SE keilförmig in die Kette eingepresst, was zu einer Streckung geführt hat.

Parallelisierung und Herkunft von Hochflue- und Urmiberg-Schuppe

Da beide Alpenrandschuppen gegen Osten jäh abbrechen, die Hochflue-Schuppe östlich von Schwand, die Urmiberg-Schuppe bei Seewen, erhob sich schon früh die Frage nach ihrer östlichen Fortsetzung (BUXTORF et al. 1916, ARBENZ 1934, JEANNET 1941). Im Rahmen einer Detailkartierung, verbunden mit Profilaufnahmen an den Schuppenenden und ihren möglichen östlichen Fortsetzungen in der Axenkette (Blatt Muotatal), bei Sisikon und am Chaiserstock, konnte dies hinsichtlich Schichtinhalt, Mächtigkeit, lithologischem und paläontologischem Inhalt sowie der Geometrie untersucht werden. Östlich des Urnersees setzt sich die Hochflue-Schuppe in die Bächistock-, die Urmiberg-Schuppe in die Silberen-Schuppen fort (HANTKE 1961). Da diese zwischen Erigsmatt-Bös Fulen-Zeinen (Blätter Linthal und Klöntal) als Kreideabfolgen auf dem Niveau der Zementstein-Formation-Öhrli-Mergel von ihrer Jura-Unterlage abgesichert und von der darüber gefahrenen Drusberg-Decke bis in den Bereich der Bisistal-Depression mitgeschleppt und dort liegen gelassen wurden, sind sie über die Urnersee-Kulmination an den Alpenrand verfrachtet worden. Westlich der Reuss wären daher Hochflue- und Urmiberg-Schuppe ebenfalls von ihrer Jura-Unterlage, vom Rücken der Unteren Uri-Rotstock-Decke, abgesichert und von der darüber gefahrenen Drusberg-Decke an den Alpenrand verfrachtet worden. Gegen Westen setzt sich die Urmiberg-Schuppe in die Bürgenstock-Teildecke und die Hochflue-Schuppe in die Abfolgen der Ober- und Untermatt sowie von Fürigen (Blatt Alpnach) fort. Einen Überblick über die palinspastische

Lage der Randkette geben HANTKE (1961), TRÜMPY (1969) und FERRAZINI & SCHULER (1979).

Drusberg-Decke

Einzig die Stad-Mergel NW des Klosters Ingenbohl sind noch zur frontalen Stirn der Drusberg-Decke zu rechnen.

Erdbeben

Ein kräftiges Erdbeben ist von 1117 überliefert (DETLING 1860). Beim bekanntesten Beben, jenem vom 18. September 1601, wurden nicht nur Häuser und Landstücke durch Flutwellen am Ufer weggerissen; es hat auch Spuren in den Sedimenten der Gersauer und Weggiser Seebecken hinterlassen. Das Erdbeben mit einer geschätzten Magnitude von 6,2 und Epizentrum in Unterwalden sorgte für subaquatische Rutschungen, bei denen sich Millionen von Kubikmetern Schlamm lösten (SIEGENTHALER et al. 1987, SCHWARZ-ZANETTI et al. 2003). 1602 und 1604 ereigneten sich weitere Erdbeben, ein weiteres starkes 1774. Aus jüngerer Zeit haben die Beben von 1911 um Vitznau und von 1964 besonders in Sarnen Schäden angerichtet (PAVONI 1977).

UR- UND FRÜHGESCHICHTE

Urgeschichtliche Funde

In Buseri WNW von Merlischachen wurde beim Bau einer Wasserfassung in 2,5 m Tiefe der Schädel eines weiblichen Wisents (*Bison priscus* BOJ.) geborgen (Naturmuseum Luzern, SPECK 1987). In Haltikon bei Udligenswil trat bei Oberbach in einem Leitungsgraben in 50 cm Tiefe die Abwurfstange eines Rens (*Rangifer tarandus* L.) zutage (Gletschergarten-Museum Luzern, SPECK 1987). Im Torfmoos von Udligenswil wurde 1920 in 4 m Tiefe ein Hirschskelett gefunden, von dem das Geweih gerettet werden konnte (SPECK 1987). Das von LANG 1708 erwähnte Einhorn von Arth, ein *Unicornu fossile* (BACHMANN 1896), stellt das distale Ende eines Mammut-Stossezahnes dar (SPECK 1987).

Die Vertiefung an einem Block aus Seewen-Kalk am Westgrat des Hammettschwand (Bürgenstock, SCHERER 1910), den BUXTORF (1910) als fraglichen neolithischen Schalenstein unterhalb des Strässchens am alten Weg (Blatt Alpnach, Ostrand) eingetragen hat, ist durch Lösung entstanden, also nicht als Schalenstein zu bezeichnen (Frau G. Büchi, schriftl. Mitt.).

Die in einer gegen Westen auskeilenden Mergelschicht gelegene Steigfadbalm oberhalb von Vitznau lieferte in lössartigem Sediment Reste von Höhlenbär, Höhlenhyäne, Edelhirsch und Steinbock. Neben fraglichen paläolithischen Funden wurden ein neolithisches Silexwerkzeug und eine Bronzepfeilspitze gefunden (AMREIN 1939). Bronzene Lanzenspitzen wurden auch an der Müliflue und in der Grubisbalm geborgen (SPECK 1994).

Ein Steinbeil wurde in Küssnacht, ein Bronzebeil im Riedtappel bei Küssnacht, ein weiteres sowie Bronzespannen und eine bronzene Dolchklinge wurden in Gersau, eine Bronzenadel und ein Bronzedolch in Steinen-Hofmattli gefunden (SPECK 1984). Bei der Burg auf der Insel Schwanau im Lauerzersee sind bronzezeitliche Scherben bekannt geworden. Am See sollen beim tiefen Seestand 1920/21 Pfähle von Ufersiedlungen beobachtet worden sein.

Eine römische Fibel wurde in Arth geborgen. Münzen wurden in Gersau, Brunnen, auf Platten östlich von Steinen, auf der Insel Schwanau, in Lauerz und in Arth gefunden; ein Schatzfund, ein Topf mit 4000 Münzen aus dem 1.-3. Jh., stammt von Römerswil südlich von Küssnacht (MEYER 1978). Bei Bürglen an der Ober Nas wurde eine Kupfermünze aus dem 3. Jh. gefunden.

Frühgeschichte und Mittelalter

Von Steinen stammen keltische und alemannische Funde. Von Küssnacht und Steinen sind frühmittelalterliche Alemannengräber bekannt. In Gersau wurde ein Kurzsword aus dem frühen 7. Jh. gefunden. Um 830 vergab der fränkische

König Ludwig der Fromme den Hof Wattawis – Weggis –, ein keltischer Name, der Fährleute bedeutet (J. V. Hubschmied in HASLER-REIS 1993), dem Kloster Pfäfers. Auch das Kloster Muri besass dort einen Hof. Küssnacht, 840 erstmals erwähnt, geht auf Cossinius, einen römischen Siedler, zurück. 1284 schlossen sich «ze Küssnacht, ze Ynmense und ze Haltikon» zusammen, um sich gegen ihren Vogt, Ritter Eppo von Küssnacht, zu wehren.

Arth, alt- und mittelhochdeutsch «gepflühtes Land», und Udligenswil, 1036 erstmals erwähnt, sind alemannische Siedlungen. Immensee und Gersau werden 1064 im Stifterbuch des Klosters Muri (MÜLLER 1972), Vitznau 1116 in einem Güterrodel erwähnt, nachdem Vitznauer schon 1099 an einem Kreuzzug teilgenommen hatten. Der Turmunterbau von Steinen datiert von 1124. Mittelalterliche Alpwüstungen, «Heidenhüttli», sind von der Hochflue-Kette von Tal, am Leitenweg und von Schwand bekannt.

Im Lauerzersee wurde Ende des 12. Jhs. die Burg Schwan(d)au von den Kyburgern erbaut. Im 13. Jh. wurde sie bei der Erhebung der Waldstätte zerstört. Brunnen wird 1217–1222, Greppen 1259 im Urbar des Klosters Einsiedeln erwähnt. In Steinen wurde 1262 ein Zisterzienserinnen-Stift gegründet. Walchwil wird erstmals 1283, Goldau und Lauerz 1306 genannt. St. Jost an der SE-Seite des Bürgenstocks, das älteste Gotteshaus von Nidwalden, wird 1346 erwähnt.

Im frühen 14. Jh. bestanden Wege von Schwyz über Steinen–Sattel und von Einsiedeln über Sattel–Steinerberg nach Arth sowie beiderseits des Zugersees. Am obersten See suchten sich die Arther um 1312 hinter Turmbach- und Sagenbächli-Graben durch 300 m lange Letzinen aus Findlingen und Bergsturzmaterial vor eindringenden Feinden zu schützen. Vor Arth wurde im See eine Palisade errichtet. Von der inneren, 250 m langen, 1,3 m starken und über 3 m hohen Letzi, die bei Oberarth zwischen natürlichen Schutz bietenden Nagelfluhruppen errichtet wurde, sind noch 95 m erhalten (BÜRGI 1982, 1983), von der Morgarten-Letzi (Blatt Ibergeregge) ein Stück auf der Halsegg.

Die 1263 erstmals erwähnte Gesslerburg der Edlen von Küssnacht wurde 1352 von den Habsburgern zerstört, dann wieder aufgebaut und im frühen 16. Jh. aufgegeben; ihren unbegründeten Namen erhielt sie erst im 19. Jh.

Bei Brunnen sind von der aus Findlingen errichteten Letzi zwischen Urmi-berg und Gütsch beim Parkhotel Stücke erhalten (BIRCHLER 1930). Bei der Entsumpfung der Muota-Mündung wurde die Mauer bei der alten Sust am Urmiberg als Auffüllgut verwendet (VOHMANN-FALK 1991). Von den unterseeischen Palisaden stammt die äussere nach Schlagjahren bestimmt von 1394–1404/5, die innere von 1422–1427/8. OBRECHT (1997) deutet sie als Reste einer Hafenanlage.

Auf dem Grat Rigi Scheidegg–Höcheli–Meien bildeten aufgeschichtete Nagelfluh-Riesengerölle bis 1817 die Staatsgrenze der Republik Gersau gegen Schwyz, seither markieren sie die Bezirksgrenze zwischen den beiden.

BOHRUNGEN

Im Bereich des kartierten Gebietes liegen mehrere hundert Sondierbohrungen vor, welche vor allem der Grundwasserprospektion, Baugrunduntersuchungen und der Installation von Wärmepumpen dienen. Bei den auf dem Gebiet des Atlasblattes dargestellten Bohrungen handelt es sich um eine Auswahl; bei wichtigeren Bohrungen wurde die Tiefe der Felsoberfläche und z.T. die Endtiefe angegeben.

Die grösste Endtiefe erreichte mit 2302 m die Geothermiebohrung von Weggis (GREBER et al. 1994). Die bei Koord. 674.984/209.580/457.3 niedergeaufte Bohrung brachte unter Horwer Platten und Grisiger Mergel in 789–803 m Tiefe mit 27° gegen SE einfallende, tektonisierte Gesteine der Hauptüberschiebung sowie bis zur Endtiefe von 2302 m USM mit zwei weiteren Störungen bei 1300 und 2250 m Tiefe.

Interessante Resultate zeigten die Bohrungen der NEAT im tiefgründigen Rutschgebiet SE von Lauerz. So durchfuhr Bohrung Nr. A₃ 106 m Lockergesteine, ohne den anstehenden Fels der subalpinen «Randflysch-Zone» zu erreichen. Im Bohrkern wurde eine komplexe Abfolge von Hang-, Bach- und Blockschutt, mehrere versackte Felspakete sowie dazwischengelagerte moränenartige Sedimente identifiziert.

Eine 14,3 m tiefe Pollenbohrung wurde auf dem Seeboden (1030 m) SE von Küssnacht (WYNISTORF 1985, 1989) niedergebracht; sie zeigt eine Vegetationsabfolge mit 11 Diagrammabschnitten vom mittleren Spätglazial bis ins mittlere Holozän (Subboreal).

HYDROGEOLOGIE

Im Kartenbereich steigen die mittleren jährlichen Niederschläge von 133 cm/a (Walchwil) und 163 cm (Sattel) über 188 cm (Rigi Staffel) auf über 210 cm/a (Rigi Kulm 212 cm/a) an. Am Nordufer des Vierwaldstättersees bewegen sie sich von 121 cm/a in Küssnacht über 143 cm in Weggis, 161 cm in Vitznau auf 163 cm/a in Gersau.

Wasserversorgung der Gemeinden

In der Gemeinde Root werden im Gebiet des Atlasblattes in der NW-fallenden aufgerichteten Molasse Quellen auf der NW-Seite des Rooterberges mit den Reservoirs Gabelegg und Waldegg genutzt.

Die Gemeinde Udligenswil bezieht Quellwasser von der SE-Seite des Rooterberges in Verbindung mit Grundwasser-Sonden mit dem Stufenpumpwerk Bunnig. Die Glashütte erschloss Grundwasser in 7 m Tiefe in Alluvionen der Walmatt.

In der Gemeinde Walchwil wird im Blattbereich Grundwasser auf der Walchwiler Oberallmig in die Reservoirs in Schwand, Allmigried und Chatzenstrick gepumpt sowie Grund- und Seewasser im Rufibach-Schuttfächer mit den Pumpwerken St. Elisabeth und St. Adrian genutzt.

Die Alpen Ober Rossberg und Alpli (Gemeinde Zug) werden von Quellen in Scherstörungen der Nordseite des Rossbergs versorgt.

Die Gemeinde Unterägeri hat auf der Rossberg-Nordseite Quellen in Ampferen, Fang und Hürital gefasst. Gehöfte in der Ägeri-Talung der Gemeinde Oberägeri sammeln Quellwasser im Blattbereich nördlich bis östlich des Chaiserstocks.

In Arth werden Quellen der NW-Seite des Rossbergs, der Tennmatt, der Grisselen, und der Rigi-SSE-Seite genutzt; höher gelegene Gehöfte (Rufiberg, Ober und Unter Spitzibüel und am Sonnenberg, Schwändiberg, Färnen, Bräpfet und Märwegenberg) verfügen über eigene Quellen, Ober und Unter Grisselen sowie Schuttwald über solche im Bergsturzgebiet. Südlich und südöstlich des Dorfes im Schuttfächer der Rigiaa gefasstes Grundwasser hilft den Wasserbedarf zu decken (JÜTZ 1948). Quellfassungen finden sich nördlich und nordöstlich der Tennmatt und nördlich des Tierparks. Im Schuttwald treten um 690 und 800 m Quellen aus; jene bei Ottenbach/Goldbach mit 1000 l/min ist jedoch hygienisch belastet. Um dem steigenden Bedarf nachzukommen, wurden die Arther Schotter mit Bohrungen (JÄCKLI 1986), seismisch und geoelektrisch (KORNER 1995) als Grundwasserspeicher über Moräne und Seeletten abgetastet. Am NE-Fuss der Rigi und im Trümmerareal des Goldauer Bergsturzes austretende Quellen werden für Goldau genutzt.

Rigi Kulm, Rigi Staffel und Klösterli verfügen über eine Wasserversorgung aus Moräne, Gleit- und Sturzgut. Chruthütte, Fruttli, Hohrick, Rotenflue, Obermatt und Unterstetten nutzen eigene Quellen.

Die Gemeinde Steinerberg wird von Quellen in der Gegend von Brandi und Buechholz versorgt. Steinen bezieht Quellwasser vom Sonnenberg und Mülacher sowie Grundwasser mit Filterbrunnen und Pumpanlagen im Schuttfächer von Steiner Aa und Schornenbach.

In der Gemeinde Sattel werden die Berggehöfte von Quellen der Rossberg-SE-Flanke, von der Leiterenflue und von der SE-Seite des Chaiserstock bis Lutzi und Schafboden versorgt. Tiefer austretende Quellen speisen die Wasserversorgung des Dorfes.

Der Bezirk Küssnacht nutzt Quellen bei Moosrüti NW des Dorfes und an der NNW-Seite der Rigi bis zur Rütlersplangg mit den Quellgebieten Schwändi, Holdere, Chrüzegg, Mülisebis, Obere Rossweid, Bogenrütlimatte und den Reservoirs Gesslerburg/Oberdorfhöfli, Obermüli und Spis. Seit 1950 ist im Sumpf Bischofswil ein 1986 erweitertes Seewasserpumpwerk in Betrieb (WYRSCH 1986). Zugleich sucht die Gemeinde alte Fassungen und Reservoirs zu erneuern, wie z.B. in der Sigisrüti, wo Quellwasser im SE gesammelt wird, oder zu erweitern, wie mit Spis (STUTZER 1995). Für Merlischachen wird – neben Quellen aus der Molasse-Steilzone Buseri-Arni – Grundwasser entnommen und bei Unterbärgiswil Seewasser gepumpt und nach Merlischachen geleitet. Immensee nutzt Quellen der Halbinsel Chiemen und am Küssnachter Vorder Berg, im Moränengebiet von Küssnachter und Zuger Arm des Reussgletschers.

Die Gemeinde Greppen hat Quellen am Rigifuss in den Reservoirs Tannli und Sonnenhof gefasst und nutzt Grundwasser des Rufibach-Schuttkegels.

In Weggis treten am Rigifuss Quellen unter der Langflue aus; sie wurden mit weiteren oberhalb Tannenbergs und Ried, Eggisbüel, Zingeli, Rigidlick, Remsi, Bannholz, Bergli, Laugneri, Lützelau und in mehreren Grundwasser-Pumpwerken für die Wasserversorgung gefasst. Seit 1968 besitzt Weggis mit dem durch den Tourismus bedingten Wasserbedarf eine Seewasserversorgung (DAHINDEN 1970).

Für Rigi Kaltbad wird Quellwasser in der SE-fallenden Rigi-Molasse der SW vom Rotstock-Schild gefasst und in Reservoirs gesammelt und am Grat und auf Romiti Grundwasser gepumpt.

Vitznau bezieht Trinkwasser aus Quellen über Mergellagen der Nagelfluhbänke, seit dem Mittelalter von der Mülifluequelle; 1892 und 1963 wurden sie neu gefasst. 1837 hat die Gemeinde im Seemli eine Bachschuttquelle gefasst und ins Dorf geleitet; von ihr hat sich die Rigibahn 1871 das Erstbezugsrecht gesichert. In Tobeln am Eichiberg wurden 8 Quellen um 1100 m, einst Fassungen für das Parkhotel-Kraftwerk, 1935 der Gemeindewasserversorgung zugeführt. In der 170 m tiefen Grubisbalm sind zwei Quellen an Rinnen der Nagelfluh-Unterseite gefasst. Die schlechte Filtration der Eichiberg- und Grubisbalm-Quellen verlangt eine Aufbereitung. In Reservoirs gesammeltes Quellwasser versorgen Schwanden,

Teufibalm, Ober- und Unterwiler sowie Wissiflue. 1978 erfolgte der Netzzusammenschluss mit Weggis. Ungefasste Quellen bescheidener Schüttung treten im Altdorf-Bachtal aus.

Im Bezirk Gersau wird Quellwasser gefasst: an der Südseite des Gersauerstocks, auf Ober Urmi, Unter Linden, Rotschuo, Mänschenacher, Unter Rängg, Forst, Blätzen und von der Scheidegg bis Nüden, auf Bergli, Ägeten, Breitäbnet, Unter Biregg, Brand, Vordergibel und Chäppeliberg, Rotzingel, Glattenberg-Ruchenberg. Östlich des Dorfes sind die Quellen in den steil südfallenden Kalkabfolgen der westlichen Hochflue-Kette, auf Stockli, Sellen und Fönenberg, wenig ergiebig. Jene von Gurgeli und im Teuffibachtal versorgen das Dorf. Am Gersauer Becken decken Pumpwerke im Osten und Westen des Dorfes den fehlenden Bedarf mit Grund- und Seewasser. Auf Alpen und Maiensässen sind lokale Quellen mit Reservoirs genutzt.

Die Rigi-Quellen sind in ihrer Qualität durch Weidgang bakteriologisch gefährdet. Das in Klüfte eindringende Wasser läuft ohne genügende Filtration bis zum Austritt auf Mergelhorizonten. Qualitativ bessere Quellen treten im Bergsturzmaterial aus.

In der Gemeinde Lauerz verfügen Twäriberg, Riedhütte, Ober Gurgin, Iltis und Schwändi über eigene Quellen im Bergsturztrümmergebiet des Büeler Bergs. Die Reservoirs Chilenbann, Späzeren, Buechsitli und Bol sowie ein Pumpwerk versorgen tiefer gelegene Gebiete. Meggen bezieht Quellwasser aus Bergsturzquellen unterhalb Ottenfang oberhalb von Lauerz.

Der unter Denkmalschutz stehende Ziehbrunnen in Wylen NW von Brunnen, der schon zur Zeit der Kreuzzüge bestanden haben soll, zählt zu den ältesten Sodbrunnen im Kanton (VOHMANN-FALK 1991). Vor der Quellwasserversorgung 1888 dienten Hundsbüel am Gütsch, in den Wyden, im Felderboden und in Schränggigen am Urmiberg der Wasserversorgung der Gemeinde Ingenbohl. Höher gelegene Heimwesen – Unter Timpel, Rüti, Halten – nutzen ihre Quellen; tiefer am Urmiberg und an der Front des Axensteinengewölbes austretende Quellen mit Reservoirs am Gütsch und Hexenplatz versorgen das Dorf. In der Ebene Ibach – Brunnen existieren Sod-, Filter- und Schachtbrunnen. In Schuttfächern am Fuss der Hochflue-Kette – Langmatt und Brünischart – wird Grund- und Seewasser gepumpt.

Auf der Nordseite des Bürgenstocks wird für Untermatt Quellwasser gesammelt. Für Obermatt wird Seewasser gepumpt.

Ennetbürgen nutzt Quellen der Südseite des Bürgenberg von Honegg bis Geissmattli und Scharti und ergänzt den Bedarf durch Pumpen von Grund- und Seewasser.

MINERALISCHE ROHSTOFFE

Im Steinbruch Obermatt am Bürgenstock-Nordfuss wurde bis zum Felssturz von 1964 Helvetischer Kieselkalk für Mauer- und Pflastersteine abgebaut. Aus Sicherheitsgründen wurde der weitere Abbau wie in den aufgelassenen Steinbrüchen der Brechrüti westlich Gersau und beidseits von Fallenbach eingestellt. Im Zingel am Ostende des Lauerzersees wird Helvetischer Kieselkalk und neu auch Schrattenkalk für Hartschotter gewonnen. Seewen-Kalk wurde früher bei Seewen in den Brüchen der Typlokalität für Treppenstufen und Brunnentröge abgebaut. Bei Untermatt und im Rängenloch NE von Ennetbürgen wurde kurzfristig Seewen-Kalk gebrochen.

Stad-Mergel wurde im Steinbruch Nägeli NE der ARA (Blatt Ibergereg, Westrand) über Jahrzehnte abgebaut. Stad-Mergel wird jetzt erneut zur Zementfabrikation in Brunnen abgebaut (KÜNDIG et al. 1997).

In Zinnen westlich von Hertenstein wurde «Lehm», Grisiger Mergel, für die Ziegelhütte Flüelen abgebaut (HANTKE 2002).

Das Eisenerz im Nummulitenkalk von Lauerz lieferte 20–30% Hämatit; es wurde im Mittelalter in der Chlostermatt ausgebeutet. Als im 18. und 19. Jh. der Hämatitgehalt der abgebauten Schichten auf unter 10% sank, wurde der Erzabbau aufgegeben (EPPRECHT 1948). Das «Erzloch» (Koord. 687.870/209.380), der Mündungsstollen, ist heute noch erkennbar. Von Otten werden Reste eines Schmelzofens erwähnt; in Steinen haben noch 1858 drei Hammerschmieden über 200 Jahre bestanden (GASSER 2003).

Als Bausteine wurden Horwer Platten in Steinbrüchen südlich von Greppen, Granitischer Sandstein auf der Halbinsel Chiemen bei Baumgarten gebrochen. Bergsturzmaterial von Bunter Rossberg-Nagelfluh diente in Goldau als Baustein für Kirche und Bahnhofgebäude. Heute wird Bergsturzmaterial vor allem für Bach- und Flussverbauungen verwendet. Bei Weggis wurde Kalksandstein abgebaut. Zeitweise fanden die Kalktuffe von Langflue südlich von Greppen zu Bauzwecken Verwendung.

Kies und Sand werden in den Schottergruben von Küssnacht gewonnen. Kalk wurde aus Kalksandsteinen und Sandkalken der Karbonatischen Molasse im Chalhofen bei Sagenmattli (Gemeinde Arth) gebrannt.

Molassekohle findet sich an mehreren Stellen, wobei es sich in der Regel jedoch um bescheidene Vorkommen handelt. Ein Abbau fand deshalb nur in Zeiten akuten Mangels an Brennholz statt. So erteilte 1766 die Landsgemeinde der Gemeinde Steinerberg die Bewilligung, «ob den Hägen» nach «Steinkohle» graben zu dürfen (WALTER 1925). Kohlelagen finden sich in cm-dicken Schmitzen in den Horwer Platten von Greppen; eine Ausbeute hat sich aber nicht gelohnt. Zuoberst im Abbruchgebiet des Goldauer Bergsturzes, unmittelbar unter dem

Gnipen, liegt auf Mergeln, zwischen zwei mächtigen Konglomeratbänken, eine dünne Kohlelage; auch ihr Abbau wurde rasch wieder eingestellt.

In den Kriegsjahren wurden bei reduziertem Abbau auch die in den Küssnacher Schottern auftretende Schieferkohle (S. 38) abgebaut.

Torf wurde während den Weltkriegen beim Malihof, im Wagenmoos SSW von Udligenswil und in den Mooren der Walchwiler Oberallmig gestochen. Auf Seeboden SE von Küssnacht durchfuhr eine Pollenbohrung 8 m Torf (S. 42).

Erdgas tritt im Lauerzersee aus Querstörungen in den südfallenden Nummulitenkalken bei der Insel Schwanau und gegen die Mündung des Schornenbach aus. Die stärkste Gasquelle mit 1–2 m³/Tag bei 96,7 % CH₄ (J. Kopp in SCHUPPLI 1952) liegt 35 m östlich der Insel; eine Fassung misslang. Eine Analyse im Lauerzersee brachte 8,7 % N₂, 2,6 % O₂ und 85,1 % CH₄ (BÜCHI & AMBERG 1983), eine Analyse aus der Bohrung A₄ (Ahornenberg südlich Goldau, 1993) ergab 20,1 bzw. 13,85 % N₂, 2,21 bzw. 0,94 % O₂ und 77,24 bzw. 82,77 % CH₄. Die gesamte Austrittsmenge wird auf rund 1000 m³/Tag geschätzt. GASSER (2003) konnte weitere Gasaustritte anlässlich der Seegfrörni im Januar 1985 durch offene Wasserlöcher und grosse Gasblasen unter dem Eis feststellen. Die Herkunft der Gase stammt aufgrund der Austritte wohl aus der höheren Molasse im Grenzbereich zur subalpinen «Randflysch-Zone».

Im Vierwaldstättersee sind Gasaustritte bei Vitznau bekannt (BÜCHI & AMBERG 1983). Bei der Geothermiebohrung Weggis sind ab 1200 m in der USM Gasanzeichen beobachtet worden. Ebenso tritt Gas SW von Weggis und am Seeufer bei Greppen aus.

LITERATURVERZEICHNIS

- AMREIN, W. (1939): Urgeschichte des Vierwaldstättersees und der Innerschweiz. – Mitt. natf. Ges. Luzern 13, 1–181.
- ANDEREGG, H. (1940): Geologie des Isentals. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 77.
- ARBENZ, P. (1934): Die helvetische Region. – Geol. Führer Schweiz 2, 96–120. – Wepf, Basel.
- BACHMANN, H. (1896): Karl Niklaus Lang, Dr. phil. et med., 1670–1741. – Geschichtsfreund 51, 163–280.
- BALTZER, A. (1879): Der Felssturz von Vitznau. – N. Alpenpost 10/22.
- BAUMBERGER, E. (1929): Die Deutung des Rigi- und Rossbergprofils auf Grund neuer Fossilfunde. – Verh. natf. Ges. Basel 40/2, 295–312.
- (1934): Exkursion Nr. 54: Umgebung von Luzern-Rigi. – Geol. Führer Schweiz 10, 716–722. – Wepf, Basel.
- BAUMBERGER, E. & MENZEL, P. (1914): Beitrag zur Kenntnis der Tertiärflora aus dem Gebiet des Vierwaldstätter Sees. – Mém. Soc. paléont. suisse 40/2.
- BERSET, M. (1984): Paläomagnetische Untersuchung in den Einsiedler Nummulitenkalken und geologische Kartierung an der Rigi-Hochfluh (Kt. Schwyz). – Unveröff. Diplomarb. ETH Zürich.
- BIRCHLER, L. (1930): Kunstdenkmäler des Kantons Schwyz 2: Die Bezirke Gersau, Küsnacht und Schwyz. – Birkhäuser, Basel.
- BOLLI, H. (1945): Zur Stratigraphie der Oberen Kreide in den höheren helvetischen Decken. – Eclogae geol. Helv. 37/2 (1944), 217–328.
- (1950): Zur Altersbestimmung von Tertiärschiefern aus dem Helvetikum der Schweizer Alpen mittels Kleinforaminiferen. – Eclogae geol. Helv. 43/2, 105–114.
- BRÄM, H. (1954): Fährten von Wirbeltieren in der subalpinen Molasse des Bergsturzgebietes von Goldau. – Eclogae geol. Helv. 47/2, 406–417.
- BRÜCKNER, W. (1956): Über temporäre Aufschlüsse in der Alpenrandkette bei Schiberen südlich von Vitznau, Kt. Luzern. – Eclogae geol. Helv. 49/1, 79–84.
- BÜCHI, U. P. & AMBERG, R. (1983): Erdgasindikationen des schweizerischen Alpennordrandes. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 49/117, 69–94.
- BÜRGI, J. (1982): Die Letzinen von Arth und Oberarth. – Nachr. Schweiz. Burgenver. 1982/4, 78–82.
- (1983): Die Letzinen der Urkantone – ein Verteidigungssystem aus der Zeit der Bundesgründung. – Mitt. hist. Ver. Kt. Schwyz 75, 27–56.
- BURGER, H. & STRASSER, A. (1981): Lithostratigraphische Einheiten der untersten Helvetischen Kreide in der Zentral- und Ostschweiz. – Eclogae geol. Helv. 74/2, 529–560.
- BURKHARD, M. (1990): Aspects of the large-scale Miocene deformation in the most external part of the Swiss Alps (Subalpine Molasse to Jura fold belt). – Eclogae geol. Helv. 83/3, 559–583.
- BUXTORF, A. (1910): Geologische Karte der Pilatus-Bürgenstock-Rigihochfluhkette. Blatt II: Bürgenstock 1:25 000. – Geol. Spez.-Karte 27 – Schweiz. geol. Komm.
- (1910): Erläuterungen zur geologischen Karte des Bürgenstocks, 1:25 000. – Schweiz. geol. Komm.
- (1913): Geologische Karte der Pilatus-Bürgenstock-Rigihochfluhkette. Blatt III: Rigihochfluhkette. Mit Beiträgen von E. BAUMBERGER, G. NIETHAMMER & P. ARBENZ. – Beitr. geol. Karte Schweiz, Geol. Spez.-Karte 29a. – Schweiz. geol. Komm.

- (1916): Erläuterungen zur geologischen Karte der Rigihochnflukette, 1:25 000. – Schweiz. geol. Komm.
- BUXTORF, A. & KOPP, J. (1943): Über das Unterstampfen der Rigi und über Querbrüche in der Molasse zwischen Vierwaldstätter- und Zugersee. – *Eclogae geol. Helv.* 36/2, 291–301.
- BUXTORF, A., TOBLER, A., NIETHAMMER, G., BAUMBERGER, E., ARBENZ, P. & STAUB, W. (1916): Geologische Vierwaldstättersee-Karte 1:50 000. – Geol. Spez.-Karte 66b – Schweiz. geol. Komm.
- CADISCH, J. (1923): Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Nagelfluh. – *Eclogae geol. Helv.* 18/2, 222–227.
- DAHINDEN, K. (1970): 75 Jahre Wasserversorgung Weggis. – Hug, Weggis.
- DECROUEZ, D. & MENKVELD-GFELLER, U. (2003): Leupold's Schläfli-Preisschrift 1939: Studien zur Nummuliten-Stratigraphie des alpinen und westeuropäischen Alttertiärs. – *Rev. de Paléobiologie*, Vol. spec. 5.
- DETLING, M. (1860): Schwyzerische Chronik oder Denkwürdigkeiten des Kantons Schwyz. – Triner, Schwyz.
- EBEL, J. G. (1808): Über den Bau der Erde in dem Alpen-Gebirge, zwischen 12 Längen- und 2–4 Breitengraden; nebst einigen Betrachtungen über die Gebirge und den Bau der Erde überhaupt. – Orell Füssli, Zürich, 2 Bände.
- (1811): [ohne Titel: Über das Tiefbachtobel bei Gersau]. – *Miscellen der neuesten Weltkunde* (Hrsg. H. ZSCHOKKE), 25, 100.
- ECKERT, H. R. (1963): Die obereozänen Globigerinenschiefer (Stad- und Schimbergschiefer) zwischen Pilatus und Schrattenfluh. – *Eclogae geol. Helv.* 56/2, 1001–1072.
- EPPRECHT, W. (1948): Das Nummulitenetz von Lowerz (Schwyz). – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser., klein. Mitt.* 13, 1–6.
- FERRAZZINI, B. & SCHULER, P. (1979): Eine Abwicklungskarte des Helvetikums zwischen Rhone und Reuss. – *Eclogae geol. Helv.* 72/2, 439–454.
- FRANKS, S., TRÜMPY, R. & AUF DER MAUR, J. (2001): Aus der Frühzeit der alpinen Geologie: Johann Gottfried Ebels Versuch einer Synthese (1808). – *Njbl. natf. Ges. Zürich* 203.
- FREI, ROM. (1914): Geologische Untersuchungen zwischen Sempachersee und Oberem Zürichsee. – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 45/1.
- FREI, RUD. (1963): Die Flyschbildungen in der Unterlage von Iberger Klippen und Mythen. – *Mitt. geol. Inst. ETH u. Univ. Zürich N.F.* 14 (auch: Schmidberger & Müller, Zürich).
- FREIMOSER, M., RICK, B. & WEBER, R. (1993): Projektleitung Gotthard AlpTransit Teilabschnitt Rigi, Variante Basis, Variante Alternativ, SGD 31073 – Geologisch-hydrologisch-geotechnische Grundlagen. Vorprojekt SBB, Ber. Nr. 5200/9 u. 5200/10 – Dr. von Moos AG, Zürich.
- FÖLLMI, K. B. & OUWEHAND, P. J. (1987): Garschella-Formation und Götzis-Schichten (Aptian–Coniacian): Neue stratigraphische Daten aus dem Helvetikum der Ostschweiz und des Vorarlberges. – *Eclogae geol. Helv.* 80/1, 141–191.
- FUNK, H. (1969): Typusprofile der helvetischen Kieselkalk-Formation und der Altmann-Schichten. – *Eclogae geol. Helv.* 62/1, 191–203.
- FURRER, H., GUBLER, T., HOCHULI, P. A. & STÖSSEL, I. (2002): Goldau vor 25 Millionen Jahren. – *Schweizer Strahler* 14 (3), 6–9.
- FURRER, H., REICHLIN, T. & GRUNDMANN, A. (2003): Fossile Baumstrünke in der Unteren Süswassermolasse (spätes Oligozän) im Bergsturzgebiet von Goldau. – *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 148/1, 27–34.

- GASSER, J. (1976): Beobachtungen über Zeugen der Eiszeit. – Jber. Verkehrsver. Steinen 15, 1–11.
- (1987): Geologische Vergangenheit. – In: BORER, B. (Hrsg.): Steinen – Ein Streifzug durch seine Landschaft, Geschichte, Kultur, Wirtschaft und Politik, S. 34–47. – Verkehrsver. Steinen.
- (2003): 200 Millionen Jahre Erdgeschichte. Region Arth–Goldau–Lauerz–Seewen–Ibach–Brunnen. – Ber. schwyz. natf. Ges. 14, 63–82.
- GASSER, U. (1968): Die innere Zone der subalpinen Molasse des Entlebuch (LU): Geologie und Sedimentologie. – Eclogae geol. Helv. 61/1, 229–319.
- GREBER, E., GRÜNENFELDER, T., KELLER, B. & WYSS, R. (1994): Die Geothermie-Bohrung Weggis, Kanton Luzern. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 61/138, 17–43.
- GRUNDMANN, A. (2000): Zur Standorts- und Vegetationsentwicklung im Goldauer Bergsturz. – Diss. Botan. 335 – Cramer in Borntraeger, Berlin, Stuttgart.
- HABBE, K. A. (1997): Protokoll der AGAQ-Arbeitstagung in Einsiedeln. – Geogr. Inst. Univ. Erlangen, 1–8.
- HABICHT, K. (1945a): Geologische Untersuchungen im südlichen st. gallisch-appenzellischen Molassegebiet. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 83.
- (1945b): Neuere Beobachtungen in der subalpinen Molasse zwischen Zugersee und dem st. gallischen Rheintal. – Eclogae geol. Helv. 38/1, 121–149.
- HANTKE, R. (1961): Die helvetischen Kalkalpen zwischen Obwalden und dem St. Galler Rheintal. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 106/1, 1–212.
- (1991): Landschaftsgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. – Ott, Thun.
- (2002): Erläuterungen zu Blatt 1172 Muotatal mit Ostteil von Blatt 1171 Beckenried. – Manusk. geol. Landesaufn., Bern.
- HASLER-REIS, V. (1993): Chestene und Fiige. Weggiser Lesebuch. – Kur- und Verkehrsver. Weggis.
- HEIM, ALB. (1882): Über Bergstürze. – Njbl. natf. Ges. Zürich 84.
- (1919): Geologie der Schweiz I. – Tauchnitz, Leipzig.
- (1932): Bergsturz und Menschenleben. – Fretz & Wasmuth, Zürich.
- HEIM, ARN. (1908): Über das Profil von Seewen-Schwyz und den Fund von Habkerngranit im Nummulitengrünsand. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 53/1–3, 377–386.
- HERB, R. (1988): Eocäne Paläogeographie und Paläotektonik des Helvetikums. – Eclogae geol. Helv. 81/3, 611–657.
- HOCHULI, P. A. (1978): Palynologische Untersuchungen im Oligozän und Untermyozän der Zentralen und Westlichen Paratethys. – Beitr. Paläontol. Österr. 4, 1–132.
- ISCHI, H. (1978): Das Berriasien–Valanginien in der Wildhorn-Drusberg-Decke zwischen Thuner- und Vierwaldstättersee. – Diss. Univ. Bern.
- JÄCKLI, H. (1986): Grundwasseruntersuchungen Arth/SZ – Ber. Jäckli AG vom 12.12.1986.
- JEANNET, A. (1941): Geologie der oberen Sihltaler Alpen. – Ber. schwyz. natf. Ges. 3 (1938–1940), 95–116.
- JÜTZ, C. (1948): Der Ausbau des Wasserwerkes der Gemeinde Arth. – Wasserwerk, Arth.
- KAUFMANN, F. J. (1860): Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse. – N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw. 17.
- (1872): Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz, geologisch aufgenommen und beschrieben. – Beitr. geol. Karte Schweiz II.
- KELLER, B. (1982): Fossile Vogelfährten aus der Luzerner Molasse. – Mitt. natf. Ges. Luzern 17, 99–109.

- (1989): Fazies und Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse (Unteres Miozän) zwischen Napf und Bodensee. – Diss. Univ. Bern.
 - (1990): Wirkung von Wellen und Gezeiten bei der Ablagerung der Oberen Meeresmolasse. – Mitt. natf. Ges. Luzern 31, 245–271.
 - (1993): Über die Gefährdung der Kantonsstrasse K I 2B (A2B) Vitznau–Gersau durch Steinschlag und Felsstürze aus der Nordwestabdachung des Vitznauer Stocks. – In: MENGIS, R. & LORENZ, H. G.: Inform.-Brosch. Tiefbauamt Kt. Luzern.
 - (2000): Fazies der Molasse anhand eines Querschnittes durch das zentrale Schweizer Mittelland (Exkursion D am 27. April 2000). – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver. [N.F.] 82, 55–92.
- KELLER, B. & WICK, P. (1985): Gletschergarten Luzern. – Gletschergarten, Luzern.
- KLEIBER, K. (1938): Geologische Untersuchungen im Gebiet der Hohen Rone. – Eclogae geol. Helv. 30/2 (1937), 419–430.
- KOPP, J. (1937): Die Bergstürze des Rossberges. – Eclogae geol. Helv. 29/2 (1936), 490–493.
- (1945): Erläuterungen zu den Blättern 186 Beromünster – 189 Eschenbach (Atlasblatt 18). – Geol. Atlas Schweiz 1: 25 000 – Schweiz. geol. Komm.
 - (1947): Die Vergletscherung der Rossberg-Nordseite. – Eclogae geol. Helv. 39/2 (1946), 274–277.
 - (1948): Der Rossberg in der Eiszeit. – Zuger Njbl. (1948), 57–59.
 - (1954): Die Lokalvergletscherung der Rigi. – Eclogae geol. Helv. 46/2 (1953), 237–239.
 - (1961): Entwürfe zu den Erläuterungen zu Blatt 1151 Rigi. – Manusk. geol. Landesaufn., Bern.
 - (1962a): Geol. Atlasblatt 1151 Rigi – Molasse-Anteil. – Manuskriptkarte geol. Landesaufn., Bern.
- KOPP, J., mit Beitrag von BUXTORF, A. (1962b): Erläuterungen zu Blatt 1150 Luzern. – Geol. Atlas Schweiz 1: 25 000. – Schweiz. geol. Komm.
- KOPP, J., BENDEL, L. & BUXTORF, A. (1955): Blatt 1150 Luzern. – Geol. Atlas Schweiz 1: 25 000, Karte 28.
- KOPP, J. & MARTIN, G. (1939): Die Hauptaufschiebung der subalpinen Molasse zwischen Zugersee und Ägerisee. – Eclogae geol. Helv. 31/2 (1938), 387–394.
- KORNER, M. (1995): Grundwasserbecken Gemeinde Arth – Geologisch-geophysikalische Untersuchungen. Nr. 95–810. – Dr. M. Korner, Berat. Geol., Küsnacht a.R.
- KUHN, J. A. (1972): Stratigraphisch-mikropaläontologische Untersuchungen in der Äusseren Einsiedler Schuppenzone und im Wägitaler Flysch E und W des Sihlsees (Kt. Schwyz). – Eclogae geol. Helv. 65/3, 485–553.
- KÜNDIG, R., MUMENTHALER, T., ECKARDT, P., KEUSEN, H. R., SCHINDLER, C., HOFMANN, F., VOGLER, R. & GUNTTLI, P. (1997): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz. – Schweiz. geotech. Komm.
- LANG, C. N. (1708): Historia lapidum figuratorum Helvetiae ejusque viciniae. – Tomasini, Venedig [Venedig].
- LEHMANN, O. (1942): Über Böschungswinkel und Böschungshöhen im Hinblick auf den Bergsturz von Goldau. – Eclogae geol. Helv. 35/1, 55–65.
- LEUPOLD, W. (1966): Blattengrat-Komplex, Einsiedler Nummulitenkalk(e), Einsiedler Flysch, Flysch, südhelvetischer, Nummuliten- und Flyschbildungen, Steinbach. – Lex. stratigr. int. 1, Europa 7c/1, 2.
- LÜDI, W. (1953): Die Pflanzenwelt des Eiszeitalters im nördlichen Vorland der Schweizer Alpen. – Veröff. geobot. Inst. Rübel, Zürich 27.

- MARTIN, G. P. R. (1939): Zur Geologie der Gegend von Ägeri (Kt. Zug). – Unveröff. Manusk. Nachlass J. Kopp.
- MENKVELD-GFELLER, U. (1994): Die Wildstrubel-, die Hohgant- und die Sanetsch-Formation: Drei neue lithostratigraphische Einheiten des Eocaens der helvetischen Decken. – *Eclogae geol. Helv.* 87/3, 789–809.
- (1997): Die Bürgen-Fm. und die Klimeshorn-Fm.: Formelle Definition zweier lithostratigraphischer Einheiten des Eozäns der helvetischen Decken. – *Eclogae geol. Helv.* 90/2, 245–261.
- MEYER, A. (1978): Die Kunstdenkmäler des Kantons Schwyz. Der Bezirk Schwyz: Der Flecken Schwyz und das übrige Gemeindegebiet. – *Die Kunstdenkmäler der Schweiz* 65, Ges. Schweiz. Kunstgesch., Birkhäuser, Basel.
- MEYER, C. A. & THÜRING, B. (2003): The first iguanodontid dinosaur tracks from the Swiss Alps (Schrattenkalk Formation, Aptian). – *Ichnos Spec. Issue* 11, 221–238.
- MÜLLER, A. (1972): 1817, ein denkwürdiges Jahr für die altfrye Republik Gersau. – *Mitt. hist. Ver. Kt. Schwyz* 65, 147–157.
- MÜLLER, H. P. (1971): Geologische Untersuchungen in der subalpinen Molasse zwischen Einsiedeln und oberem Zürichsee (Kt. Schwyz). – *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 116/1, 1–153.
- MÜLLER, M., NIEBERDING, F. & WANNINGER, A. (1988): Tectonic style and pressure distribution at the northern margin of the alps between Lake Constance and the River Inn. – *Geol. Rdsch.* 77, 787–796.
- OBERHÄNSLI-LANGENEGGER, H. (1978): Mikropaläontologische und sedimentologische Untersuchungen in der Amdener Formation. – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 150.
- OBRECHT, J. (1997): Brunnen SZ. Untersuchungen an den Pfahlreihen im Vierwaldstättersee, 1996. – *Mittelalter, Z. schweiz. Burgenver.* 2 (1997/3), 63–74.
- OTTIGER, R., FREIMOSER, M., JÄCKLI, H., KOPP, J. & MÜLLER, E. (1990): Blatt 1131 Zug. – *Geol. Atlas Schweiz* 1:25 000 – Landeshydrol. u. -geol. Bern.
- PAVONI, N. (1977): Erdbeben im Gebiet der Schweiz. – *Eclogae geol. Helv.* 70/2, 351–370.
- RENTZ, H. H. (1937): Die subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein. – *Eclogae geol. Helv.* 30/1, 87–214.
- RISSI, A. (1968): Geologische Untersuchungen in der Unteren Süsswassermolasse des Rossberggebietes. – Unveröff. Diplomarb. geol. Inst. ETH Zürich.
- RÖSLI, F. (1957): Der Gletschergarten von Luzern. – Haag, Luzern.
- RYF, W. (1983): Bergsturzgebiet Goldau. Bericht über die am 22. Juni 1983 durchgeführte Begehung. – *Geol. Büro Dr. H. Jäckli AG, Zürich* (unveröff. Manusk.).
- SAUSSURE, H. B. DE (1796): *Voyages dans les Alpes*, 4. – Fauches-Borel, Neuchâtel.
- SCHERER, P. (1910): Beiträge zur Kenntnis der Urgeschichte der Urschweiz 2. Urgeschichtliche Stätten und Funde im Kt. Schwyz und Uri, mit einem Nachtrag aus Unterwalden. – *Beil. Jber. kant. Lehranst. Sarnen* (1909/10), Sarnen.
- SCHLANKE, F. (1974): Geologie der Subalpinen Molasse zwischen Biberbrugg SZ, Hütten ZH und Ägerisee ZG, Schweiz. – *Eclogae geol. Helv.* 67/2, 243–331.
- SCHLUNEGGER, F. (1995): Magnetostratigraphie und fazielle Entwicklung der Unteren Süsswassermolasse zwischen Aare und Limmat. – *Diss. Univ. Bern.*
- SCHLUNEGGER, F., MELZER, J. & TUCKER, G. (2001): Climate, exposed source rock lithologies, crustal uplift and surface erosion: a theoretical analysis calibrated with data from the Alps/North Alpine Foreland Basin system. – *Int. J. Earth Sci.* 90, 484–499.

- SCHMIDT, R. (1987): Der Felsabbruch am Vitznauerstock vom 31.12.1986. – Jber. Zentralschweiz. Technikum 30 (1987/88).
- SCHUMACHER, J. (1949): Die Flysch- und Parautochthonzone des oberen Engelbergertales (Zentralschweiz). Mit einem Anhang: Zur Herkunft der Gerölle im Gruontalkonglomerat. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 7, 1–55.
- SCHUPPLI, H. M. (1952): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, Teil 4: Ölgeologische Probleme der subalpinen Molasse der Schweiz. Ölgeologische Probleme des Mittellandes östlich der Linie Solothurn–Thun. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 26/4.
- SCHWARZ-ZANETTI, G., DEICHMANN, N., FÄH, D., GIARDINI, D., JIMENEZ, M.-J., MASCIADRI, V., SCHIBLER, R. & SCHNELLMANN, M. (2003): The earthquake in Unterwalden on September 18, 1601: A historico-critical macroseismic evaluation. – Eclogae geol. Helv. 96/3, 441–450.
- SIEGENTHALER, C., FINGER, W., KELTS, K. & WANG, S. (1987): Earthquake and seiche deposits in Lake Lucerne, Switzerland. – Eclogae geol. Helv. 80/1, 241–260.
- SPECK, J. (1945): Fährtenfunde aus dem subalpinen Burdigalien und ihre Bedeutung für Fazies und Paläogeographie der Oberen Meeresmolasse. – Eclogae geol. Helv. 38/2, 411–416.
- (1953): Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee. – Eberhard Kalt-Zehnder, Zug.
- (1984): Ur- und Frühgeschichte. – In: STADELMANN, P. (Hrsg.): Der Vierwaldstättersee und die Seen der Zentralschweiz. – Keller, Luzern.
- (1987): Spätglaziale und frühpostglaziale Überreste von Grosssäugetieren im Bereich des Reussgletschers. – Mitt. natf. Ges. Luzern 29, 291–314.
- (1994): Eine spätbronzezeitliche Lanzenspitze von der Müliflue bei Vitznau. – Jb. Schweiz. Ges. Ur- u. Frühgesch. 77, 137–138.
- STEINER-BALTZER, A. & BÜRGLI, A. (1943): Das Bergsturzgebiet von Goldau. – Schweiz. Lehrerverein, Zürich.
- STÜRM, B. (1973): Die Rigischüttung. Sedimentpetrographie, Sedimentologie, Paläogeographie, Tektonik. – Diss. Univ. Zürich.
- STUTZER, K. (1995): 1895–1995 Genossenschaft Wasserversorgung Küssnacht am Rigi 100 Jahre. – Genossenschaft Wasserversorgung, Küssnacht am Rigi.
- TRÜMPY, R. (1969): Die helvetischen Decken der Ostschweiz: Versuch einer palinspastischen Korrelation und Ansätze zu einer kinematischen Analyse. – Eclogae geol. Helv. 62/1, 105–142.
- VOGEL, A. & HANTKE, R. (1989): Zur Geologie des Rigigebietes. – Mitt. natf. Ges. Luzern 30 (1988), 23–50.
- VOHMANN-FALK, G. (1991): Brunnen-Ingenbohl. Üses Dorf, üsi Gmeind, üsi Lüüt. – Holdener-Vohmann, Brunnen.
- VOLLMAYR, T. (1992): Strukturelle Ergebnisse der Kohlenwasserstoffexploration im Gebiet von Thun, Schweiz. – Eclogae geol. Helv. 85/3, 531–539.
- VOLLMAYR, T. & WENDT, A. (1987): Die Erdgasbohrung Entlebuch 1, ein Tiefenaufschluss am Alpnordrand. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. Ing., Vol. 53/125, 67–79.
- WALTER, H. (1925): Bergbau und Bergbauversuche in den 5 Orten. – Sonderabdr. aus Geschichtsfreund, Bde. 78–80.
- WYNISTORF, E. (1985): Beiträge zur Geomorphologie des Rigi-NW-Hanges und des nordwestlichen Teiles des Rigi-NE-Hanges. Geomorphologie, Palynologie. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Zürich.
- (1989): Zur Landschaftsgenese, Vegetations- und Klimageschichte am Nordwesthang der Rigi. – Mitt. natf. Ges. Luzern 30 (1988), 155–171.

- WYRSCH, F. (1986): 91 Jahre Genossenschaft Wasserversorgung Küssnacht am Rigi. – Genossenschaft Wasserversorgung, Küssnacht am Rigi.
- ZAY, K. (1807): Goldau und seine Gegend: wie sie war und was sie geworden. – Orell Füssli, Zürich.
- ZEHNDER, J. N. (1988): Der Goldauer Bergsturz – Seine Zeit und sein Niederschlag. – Verlag Stiftung Bergsturzmuseum, Goldau.
- ZIMMERMANN, J. (1913): Vitznau am Fusse der Rigi. – Schweizer Monogr. 2, Mettauer, Vitznau.

KARTENVERZEICHNIS

Geologische Generalkarte der Schweiz 1:200 000

Blatt 3 Zürich–Glarus, von P. CHRIST & W. NABHOLZ, 1950.

Geologische Karte der Schweiz 1:100 000

Blatt VIII Aarau–Luzern–Zug–Zürich, von C. MOESCH & F. J. KAUFMANN, 1871.

Blatt IX Schwyz–Glarus–Appenzell–Sargans, von A. ESCHER v. D. LINTH, A. GUTZWILLER, C. MOESCH & F. J. KAUFMANN, 1875.

Blatt XIII Interlaken–Sarnen–Stanz, von F. J. KAUFMANN, A. BALTZER & C. MOESCH, 1887.

Blatt XIV Altdorf–Chur, von ALB. HEIM, A. ESCHER v. D. LINTH, G. THEOBALD, A. BALTZER & K. v. FRITSCH, 1885.

Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000

Nr. 28 Luzern (LK 1150), von J. KOPP, L. BENDEL & A. BUXTORF, 1962

Nr. 89 Zug (LK 1131), von R. OTTIGER, M. FREIMOSER, H. JÄCKLI, J. KOPP & E. MÜLLER, 1990.

Geologische Spezialkarten

Nr. 27 Geologische Karte der Pilatus–Bürgenstock–Rigihochfluhkette. Blatt II: Bürgenstock, 1:25 000, von A. BUXTORF, 1910. – Mit Profiltafel und Erläuterungen Nr. 9, 1910.

Nr. 29 Geologische Karte der Pilatus–Bürgenstock–Rigihochfluhkette. Blatt III: Rigihochfluhkette, 1:25 000, von A. BUXTORF, mit Beiträgen von E. BAUMBERGER, G. NIETHAMMER und P. ARBENZ, 1913. – Mit Profiltafel und Erläuterungen Nr. 14, 1916.

Nr. 40 Geologische Karte der Umgebung von Seelisberg, 1:25 000, von J. J. PANNEKOEK, 1905.

Nr. 66 Geologische Vierwaldstättersee-Karte, 1:50 000, von A. BUXTORF, A. TOBLER, G. NIETHAMMER, E. BAUMBERGER, P. ARBENZ & W. STAUB, 1916. – Mit Profiltafel, 1916.

Weitere publizierte Karten

H HANTKE, R. und Mitarbeiter (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete 1:50 000.

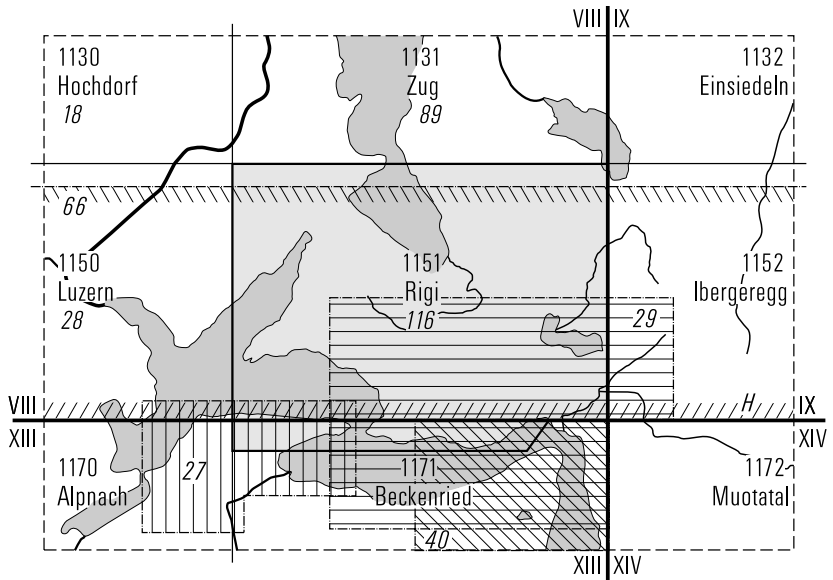


Fig. 9: Publierte geologische Karten (mit topographischer Grundlage).

BEILAGE

Tafel I: Geologische Profile durch das Gebiet von Atlasblatt Rigi

von
René Hantke

