

**SCHWEIZERISCHE  
GEOLOGISCHE KOMMISSION**

ORGAN DER  
SCHWEIZ. NATURFORSCH. GESELLSCHAFT

**COMMISSION GÉOLOGIQUE  
SUISSE**

ORGANE DE LA  
SOC. HELV. DES SCIENCES NATURELLES

**Geologischer Atlas  
der Schweiz**

1:25000

Auf Kosten der Eidgenossenschaft  
herausgegeben von der  
Schweizerischen Geologischen Kommission  
Präsident der Kommission:  
**L. VONDERSCHMITT**

**Atlas géologique  
de la Suisse**

1:25000

Publié aux frais de la Confédération  
par la Commission Géologique Suisse  
**M. L. VONDERSCHMITT**  
étant Président de la Commission

Blatt:

**Luzern**

auf der topographischen Grundlage der Siegfriedkarte

Blätter:

202 Rothenburg

203 Emmen

204 Malters

205 Luzern

(Atlasblatt 28)

**Erläuterungen**

verfasst von

**J. KOPP**

mit Beiträgen von **A. BUXTORF**

mit 1 Tafel

1962

Kommissionsverlag:  
Kümmerly & Frey AG.  
Geographischer Verlag, Bern

En commission chez:  
Kümmerly & Frey S.A.  
Editions géographiques, Berne

## VORWORT DER GEOLOGISCHEN KOMMISSION

Das vorliegende Atlasblatt stellt eine Neuaufnahme des Stadtgebiets von Luzern und seiner Umgebung dar, soweit diese auf den vier Siegfriedkarten 202–204 Rothenburg, Emmen, Malters und Luzern enthalten ist. Etwa zwei Drittel des Atlasblattes sind von Dr. J. KOPP aufgenommen worden, Luzern und Umgebung von Dr. L. BENDEL, das Eigenthal und die Bürgenstock-Nordseite von Prof. A. BUXTORF (siehe Kärtchen rechts unten am Kartenrand). Das Aufnahmegebiet von L. BENDEL ist von J. KOPP überprüft und in zahlreichen Punkten ergänzt worden; insbesondere hat die Region der überschobenen Molasse beiderseits der Horwer Bucht eine eingehende Revision durch A. BUXTORF und J. KOPP erfahren, namentlich in tektonischer Hinsicht.

Fast alle Aufnahmen sind auf Gemeindeübersichtskarten vom Maßstab 1:5000 oder 1:10000 ausgeführt worden. Die Kartierung von J. KOPP wurde gefördert durch finanzielle Zuwendungen des Erziehungsdepartementes des Kantons Luzern und der Erziehungsdirektion der Stadt Luzern. Das Meliorationsamt des Kantons Luzern und die Baudirektion der Stadt Luzern (Baugrundarchiv) haben die geologische Aufnahme unterstützt, indem sie wertvolle Unterlagen zur Verfügung stellten. Ferner leistete die Gletschergarten-Stiftung Amrein-Troller einen Beitrag an geologische Schürfungen bei Kastanienbaum.

An die Drucklegung der Karte und die Erläuterungen gewährten finanzielle Unterstützung der Regierungsrat des Kantons Luzern, der Stadtrat von Luzern und die Gletschergarten-Stiftung Amrein-Troller.

Die Geologische Kommission und die Autoren sprechen den genannten staatlichen und privaten Institutionen für ihre Förderung der geologischen Forschung ihren aufrichtigen Dank aus.

Basel, im Mai 1962

Für die Schweizerische Geologische Kommission  
der Präsident:

L. VONDERSCHMITT

## INHALTSVERZEICHNIS

|  | Seite |
|--|-------|
| Vorwort der Geologischen Kommission . . . . .                    | 2     |
| Einleitung . . . . .   | 5     |
| Stratigraphie  |       |
| Kreideserie der Bürgenstock-Teildecke von A. BUXTORF . . . . .   | 7     |
| Tertiär (Molasse) von J. KOPP . . . . .                          | 7     |
| Tektonik   |       |
| Tektonik der Molasse . . . . .                                   | 14    |
| a. Mittelländische Molasse . . . . .                             | 15    |
| b. Subalpine Molasse. . . . .                                    | 17    |
| c. Mechanismus der subalpinen Molassetektonik . . . . .          | 24    |
| Quartär von J. KOPP mit Beiträgen von A. BUXTORF (Eigenthal)     |       |
| a. Diluvium . . . . .  | 25    |
| b. Alluvium . . . . .  | 35    |
| c. Eiszeitliche, prähistorische und historische Flussverlegungen | 45    |
| d. Morphologie und Talgeschichte der Umgebung von Luzern .       | 47    |
| e. Der Baugrund von Luzern (mit Beiträgen von L. BENDEL) .       | 54    |
| f. Quellen und Grundwasser . . . . .                             | 57    |
| g. Nutzbare Ablagerungen . . . . .                               | 60    |
| h. Bergbau . . . . .   | 61    |
| i. Prähistorische Fundstellen . . . . .                          | 64    |
| Literaturverzeichnis . . . . .                                   | 65    |
| 1 Profiltafel  |       |

## EINLEITUNG

### Geologische und topographische Übersicht

Das Gebiet von Luzern hat durch die Geologische Kommission schon früher eingehende Bearbeitung erfahren; es sei namentlich hingewiesen auf die Texte und Karten von F. J. KAUFMANN und E. BAUMBERGER, die als Ausgangspunkte für die vorliegende Neukartierung dienten. (Näheres siehe Literaturverzeichnis, p. 65/66).

Das Atlasblatt Luzern umfasst einen Ausschnitt des Südrandes des mittelschweizerischen Molasselandes und zeigt in seiner morphologischen Gliederung eine deutliche Zweiteilung in die Zone der mittelländischen Molasse im NW und die Zone der subalpinen Molasse im SE.

Wie die «Tektonische Übersicht» (rechts am Kartenrand) zeigt, fällt die Grenze zwischen diesen beiden Zonen in unserem Kartengebiet ziemlich genau mit den Flussläufen der Kleinen Emme und der Reuss zusammen; wir benützen deshalb im folgenden die abgekürzte Bezeichnung Emme-Reusslinie. Während wir im Gebiet der mittelländischen Molasse nur ganz schwache Faltung der Schichten feststellen können, finden sich in der subalpinen Molasse sehr starke, unter dem Einfluss der alpinen Gebirgsbildung entstandene Aufrichtung und Faltung der Schichtserie, im südlichen Teil begleitet von bedeutenden Überschiebungen und Brüchen; daher die Unterteilung in «gefaltete» und «aufgeschobene» Molasse (siehe Tektonische Übersicht).

Die SE-Ecke der Karte wird vom sog. Kreuztrichter des Vierwaldstättersees und seinen nördlichen Seitenarmen eingenommen; einzig in der äussersten Ecke kommt noch ein kleiner Ausschnitt des Nordhanges des Bürgenstocks, d. h. der Randkette der helvetischen Decken zur Darstellung. Zwischen dieser Randkette und der aufgeschobenen Molasse verläuft die schmale Zone des subalpinen Flyschs, die auf dem Seegrund im Südteil des Kreuztrichters vorausgesetzt werden muss (siehe Tektonische Übersicht).

Eine grosse Verbreitung besitzen im Kartengebiet auch die Ablagerungen des *Quartärs*, teils als eiszeitliche Ablagerungen: Moränen der Riss- und Würmeiszeit, teils als jungpleistocäne und holocäne Bildungen.

Die Moränen zeigen besonders im mittelländischen Molassegebiet oft ausgedehnte flächenhafte Verbreiterung. In geschlossenen Anhäufungen – hier oft als Wälle – finden wir sie aber auch im Gebiet der gefalteten und aufgeschobenen Molasse und zwar zwischen der Ortschaft Horw (S Luzern) und dem W-Rand der Karte.

Seiner Hydrographie nach gehört das Kartengebiet zum Einzugsgebiet der Reuss und der Kleinen Emme, ausgenommen die NW-Ecke (Gebiet N Hellbühl und Umgebung von Neuenkirch), deren kleine Bäche dem Sempachersee zufließen (siehe Tektonische Übersicht).

Auf folgende Zuflüsse der Kleinen Emme und der Reuss sei hier noch hingewiesen, weil deren Namen im nachfolgenden öfters aufgeführt werden:

Die SW-Ecke der Karte gehört zum Flussgebiet des aus dem Eigenthal (Kartensüdrand, 4 km ESE Schwarzenberg) abfließenden Rümliqbaches, der W ausserhalb des Kartengebietes in die Kleine Emme mündet; im folgenden, wie in der Gegend üblich, kurz als «Rümliq» bezeichnet.

Im Gebiet von Kriens verläuft der Krienbach, dessen Quellgebiet zwischen Höchberg und Dornegg (5 km SW Kriens) liegt. Der Oberlauf des Krienbachs ist S-N gerichtet, biegt in der Gegend von Obernau nach E, gegen Kriens, und dann nach NE und N ins Stadtgebiet von Luzern S der Reuss. Durch den künstlich vertieften Durchbruch beim Renggloch (3 km W Kriens) ist der Oberlauf des Krienbachs der Kleinen Emme zugeleitet worden und wird nun in seinem untern Teil als Renggbach bezeichnet (Näheres hierüber siehe p. 36). Die postglazialen Anschwemmungen des Krienbaches und der vielen Bäche, die vom Schattenberg (SSE Kriens) gegen E abfließen, führten zur Aufschüttung der Alluvialebene von Kriens-Horw. Die Verbreitung dieser Ablagerungen lässt erkennen, dass ehemals der E Horw liegende Molasserücken zwischen Birreggwald und Spissenegg (S-Rand der Karte) eine Insel bildete. Heute bezeichnen wir dieses Gebiet als Horwer Halbinsel.

Sehr interessante hydrographische Verhältnisse zeigen Reuss und Kleine Emme im NW von Luzern. Der Abfluss der Reuss aus dem Vierwaldstättersee erfolgt nicht, wie dies für andere Alpenrandseen gilt, durch eine breite Talweitung, sondern durch ein enges, z.T. senkrecht zum Streichen der Schichten verlaufendes Quertal. Von diesem Quertal zweigt etwa 1,5 km NW Luzern ein altes Tal nach NE ab gegen das Rontal, das heute im oberen Teil vom Rothsee eingenommen wird. Dass dieses Tal tief eingeschnitten ist, zeigt der niedrige Seespiegel des Rothsees, der ca. 13 m tiefer liegt als der des Vierwaldstättersees. Auf diese Verhältnisse, die mit Flussverlegungen in Beziehung stehen, wird unten zurückzukommen sein (siehe p. 45ff.).

## STRATIGRAPHIE

### KREIDESERIE DER BÜRGENSTOCK-TEILDECKE

von A. BUXTORF

Der kleine Ausschnitt der Bürgenstock-Nordwand in der SE-Ecke der Karte zeigt eine mit ca. 30° nach SSE einfallende Schichtfolge, welche oberflächlich von den Stufen des Hauterivien und des Barrémien gebildet wird; das im Liegenden des Hauterivien vorzusetzende Valanginien ist – wie auch der basale Teil des Hauterivien – von Gehänge- und Blockschutt überdeckt.

Diese Kreideserie entspricht dem normal gelagerten, auf den subalpinen Flysch überschobenen Nordrand der helvetischen Bürgenstock-Teildecke. Wie die Legende zeigt, sind auf der Karte folgende Schichtserien unterschieden:

Das **Hauterivien** ist vertreten durch:

**C<sub>3k</sub> Kieselkalk:** Volle Mächtigkeit ca. 250–300 m, feinspätige, dunkle kieselige Kalke, meist in regelmässige, ca. 20–30 cm dicke Bänke unterteilt. Der Kieselkalk geht nach oben über in

**C<sub>3e</sub> Echinodermenbreccie;** ca. 15 m mächtige, spätige, meist glaukonitführende Kalke, reich an Echinodermenresten.

Zum **Barrémien** gehören:

**C<sub>4a</sub> Altmannschichten:** Glaukonitischer Kalk von geringer Mächtigkeit, oft nur einige cm. Andernorts gekennzeichnet durch Ammoniten des Untern Barrémien.

**C<sub>4m</sub> Drusberg- und Sinuataschichten:** Mergelige Schiefer und Kalke, 70 m mächtig; fossilführend; besonders häufig ist die Muschel *Exogyra sinuata* Sow. Diese Stufe bildet ein bewaldetes Band, meist überdeckt vom Schutt der darüberliegenden Kalke.

**C<sub>4u</sub> Unterer Schrattenkalk.** Von dieser ca. 100 m mächtigen, aus hellgrauen, klotzigen Kalken bestehenden Serie reichen nur die untersten Bänke in den Rahmen des Kartenblattes. Für Einzelheiten sei verwiesen auf Spezialkarte 27a Bürgenstock, und zugehörige «Erläuterungen» (BUXTORF, 1910).

### TERTIÄR (Molasse)

von J. KOPP

Die Tertiärformation im Kartengebiet ist vertreten durch Ablagerungen, die dem Oligocaen und dem Miocaen angehören und zwar in der Facies der Molasse, wie sie für das schweizerische Mittelland bezeichnend ist.

Zum Oligocaen gehören die Unterstufen des Stampien und des Aquitanien, für das Stampien kann eine Unterteilung in Rupélien und Chattien durchgeführt werden. Das Miocaen ist vertreten durch die drei Unterstufen: Burdigalien, Helvétien und Tortonien. Über die Verteilung dieser verschiedenen Stufen orientiert die «Tektonische Übersicht».

Die Sedimente des Molassetroges erreichen am Alpenrand eine Mächtigkeit von mindestens 3–4000 m. Ihre Herkunft leitet sich ab vom werdenden Alpengebirge. Während der Ablagerung der Molassesedimente fand eine Einsenkung des Troges, besonders seines Südrandes statt, die zeitweise ruckartig erfolgte. Die in den Molasseschichten auftretende rhythmische Sedimentation (Wechselfolge von Mergel-, Sandstein- und Nagelfluhbildungen) deutet darauf hin, dass im Hinterland stossweise Hebungen erfolgten, die eine stärkere Abtragung zur Folge hatten, wodurch sich die Nagelfluhfächer bis weit ins Mittelland ausbreiteten. Die in der Legende bei den einzelnen Stufen angegebenen Gesteinsarten entsprechen nicht etwa einer stratigraphischen Schichtfolge, sondern dienen der Unterscheidung lithologischer Horizonte.

In der Oligocaen- und Miocaen-Zeit wechselten im Molassegebiet Meeresbecken und Süsswasserseen ab, wie aus der Fossilführung zu erkennen ist. Bei der Ablagerung mancher Molassesedimente spielten submarine Strömungen und in Rinnen eingetieftete Festlandflüsse, die ausgedehnte Verfrachtungsvorgänge auslösten, eine grosse Rolle.

Über die einzelnen Stufen der Molasse gilt folgendes:

**Rupélien** (Unteres Stampien) = Untere Meeresmolasse.

In der Zentralschweiz lassen sich die unterstampischen Schichten unterteilen in Grisigermergel und Horwerplatten.

#### **O<sub>2m</sub>                    Grisigermergel**

Dieses Schichtglied trägt seinen Namen nach dem Vorkommen bei Grisigen, 1,7 km SW Horw, wo es in einer ausgedehnten Grube von der Firma Ziegelwerke AG Horw-Gettnau-Muri zur Herstellung von Ziegeln und Backsteinen ausgebeutet wird. Es handelt sich um dunkelgraue Tonmergel, mehr oder weniger muschelig brechend; ihre Mächtigkeit im Profil Schwendelberg-Grisigen beträgt ca. 400 m. Sie entsprechen den Melettaschiefern des Entlebuch. Es sind Stillwassersedimente.

Das Verbreitungsgebiet der Grisigermergel erstreckt sich vom Hinterbachwald (1,7 km SSW Horw) gegen NW zur Mergelgrube Grisigen und dann gegen W durch den Steinbachwald bis in die Gegend des Röhrli SE der Schwandegg (663,3/206,8). Nach einem langen Unterbruch durch die Moränenbedeckung im Krienser- und

Horwer-Hochwald treffen wir die Grisigermergel wieder im Gebiet von Ricketschwendi (661,9/206,7) und – tiefer unten – etwas oberhalb der Einmündung des Ricketschwendibaches in den Krienbach. Der Fuss des Nordabhanges des Höchbergs und die Einsattelung beim P. 1085 (E Kurhaus Eigenthal) werden ebenfalls von Grisigermergel gebildet. Auf der Horwer Halbinsel sind Grisigermergel im Rütivald, Dickewald und N Kastanienbaum aufgeschlossen.

Das Auftreten von Skelettresten von Fischen und Eikapseln von Rochen deutet auf marine Sedimentation, wie dies für die fossilreicheren Grisigermergel des Entlebuch sicher erwiesen ist.

In den Mergeln finden sich auch eingeschwemmte Pflanzenreste; sie sind namentlich von J. ÄGERTER gesammelt und später von BAUMBERGER und KRÄUSEL (1934) näher beschrieben worden.

## **O<sub>2</sub> Horwerplatten**

Am Fussweg, der von Ober-Grisigen südwärts nach Schwendelberg hinaufführt, folgen über den Grisigermergeln grauer Mergelsandstein und sandige Mergel, wieder mit Pflanzenresten (ca. 5 m), blaugrauer, körniger, sehr harter Kalksandstein (1 m), grauer Mergelsandstein mit Cyrenen und Wurmsspuren (1 m) und dann ausgezeichnet plattige, graublau Kalksandsteine, sog. Horwerplatten (ca. 10 m). Die Schichtflächen der Kalksandsteine weisen eine Anhäufung von Glimmerblättchen auf und führen stellenweise kohliges Pflanzenhäcksel. Gelegentlich findet man auf ihnen aus festzementierten Glimmerblättchen bestehende Knöllchen, deren Eindrücke auch als fossile Regentropfen bezeichnet werden.

Im Steinbruch N Hinterrüti (2 km SSE Horw) und in einem verlassenen Bruch bei der Scheune von Ober-Scheidhalten (665,8/206,15) konnten Cyrenen nachgewiesen werden, bei Scheidhalten auch Haifischzähne.

Westlich von Grisigen ist eine so scharfe Abgrenzung von Grisigermergel und Horwerplatten nicht mehr durchführbar. Im Ricketschwendibach (662,1/206,35) treten im obersten Teil der Grisigermergel dm-dicke Kalksandsteinbänkchen auf, die den Übergang zu den Horwerplatten darstellen.

Es sei noch beigefügt, dass Grisigermergel und Horwerplatten bisher als «Untere» und «Obere Horwerschichten» bezeichnet worden sind. Die Horwerplatten sind das Äquivalent der «Bausteinzone» der bayerischen Molasse.<sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> A. BUXTORF (1941) hat die Horwerplatten als «Mittlere Horwerschicht» bezeichnet und eine darüber folgende, ca. 100 m mächtige Serie von Mergeln und Sandsteinen als «Obere Horwerschichten». In unserer heutigen Einteilung zählen wir diese sog. Oberen Horwerschichten schon zum Chattien; sie würden also dem unteren Teil der Weggiserschichten entsprechen.

**O<sub>3</sub> Chattien** = Untere Süsswasser Molasse, unterer Teil = Weggiserschichten.

Über dem Rupélien setzen die limnoterrestrischen Gesteine des Chattien mit bunten Mergeln, Sandsteinen und Nagelfluhbänken ein, so dass für diese Gesteinszone auch der Name untere bunte Molasse berechtigt ist. Ausgezeichnete Aufschlüsse durch diese Schichtfolge, für die E. BAUMBERGER (1925) den Namen Weggiserschichten vorgeschlagen hat, finden sich im Wiedenbach (665,9/206,1) und im Seitenbach des Steinibaches gegen Buholzerschwendli 2,5 km SW Horw (Koord. 664,45/206,35), ferner am Gratprofil des Högbergs, E Eigenthal (siehe BUXTORF, KOPP und BENDEL, 1941, Taf. VIII). Am Wiedenbach stellen sich über den Horwerplatten (Wasserfall) graue und violette Mergel ein. Nach einer dünnen Kalksandsteinbank folgen im Bachbett 20 m Mergel, Kalksandstein, Mergel, Kalksandstein, Mergel, arkoseartiger grober Kalksandstein, plattiger Kalksandstein und dann eine Kalknagelfluhbank. Im Seitenbach des Steinibachs finden sich Übergänge von Mergel zu Mergelsandstein; der Kalksandstein ist zumeist stark dolomitisch ausgebildet. Einen sehr guten Einblick in diese untere bunte Molasse bietet das Strässchen Schwendelberg-Schwesternberg (2 km SW Horw). Die Nagelfluhbänke in der Mergel- und Sandsteinserie der Weggiserschichten lassen sich auch am Högberggrat E Eigenthal vorzüglich beobachten.

Über die Herkunft des klastischen Materials der Weggiserschichten geben die Forschungen von J. SPECK (1945) wertvolle Auskünfte. Auf Grund der genauen Untersuchung der Nagelfluhgerölle ergibt sich, dass diese namentlich aus der ostalpinen Simmen-Decke herzuleiten sind. Die Gerölle der Kalknagelfluh entstammen der Deckenhülle (Buntsandstein, Muschelkalk, Dolomit, Dolomitbreccie, Korallenkalk, Kieselkalk, Crinoidenbreccie, Spatkalk, Flyschgesteine).

**O<sub>6</sub> Stampien der Giebelegg-Schuppe**

Die im Abschnitt zwischen Horw und Eigenthal dem Stampien der aufgeschobenen Molasse nördlich vorgelagerte Giebelegg-Schuppe (Näheres siehe Abschnitt Tektonik) besteht aus einer Wechselfolge von plattigen Kalksandsteinen, grauen und bunten Mergeln und Kalknagelfluhbänken. Gewisse Kalksandsteinbänke zeigen grosse Ähnlichkeit mit Horwerplatten.

**O<sub>4</sub> Aquitanien** = Untere Süsswassermolasse, oberer Teil = granitische Molasse.

Als 2–5 km breiter Streifen zieht sich die aquitane Molasse vom E-Rand der Karte bei Adligenswil und Meggen gegen SW zu über die Horwer Halbinsel ins Krienser- und Krienbachtal und weiter

bis in die Rümli Schlucht S Schwarzenberg. Sie besteht zur Hauptsache aus grauen oder rötlichen, weichen Sandsteinen, wechselnd mit grauen, grau-grünen und roten oder violetten Mergeln – und Kalkmergeln. Dazwischengeschaltet sind Bänke von bunter Nagelfluh. Wegen des Gehaltes der Sandsteine an roten Feldspatkörnern wird die aquitane Molasse auch als granitische Molasse bezeichnet.

Die Nagelfluhbänke sind ungleichmässig verteilt. Wir treffen sie SE und E von Luzern zonenweise bei Vorder Meggen und Meggenhorn, dann wieder auf der linken Seite des Würzenbachtals 2 km NW Meggen, bei Geissenstein und im Birreggwald (SSE Luzern), zwischen Schloss Schauensee und Himmelreich, SSE Kriens, und im Oberlauf des Kriembaches und Rothbaches, 3,4 km SW Kriens. Auf der Nordseite des Würzenbachtals bei Adligenswil ist nur eine einzige Nagelfluhbank vorhanden, so dass sich eine beträchtliche lithologische Verschiedenheit der beiden Schenkel der Würzenbach-Antiklinale ergibt. In unserem Kartengebiet nehmen die Nagelfluhbildungen in westlicher Richtung ab. Im Rothbachtal (661,5/207,5) und im Kriembachtal sind die meisten Nagelfluhbänke nur als dezimeterdicke Geröllschnüre vertreten.

Die bunte Nagelfluh setzt sich aus roten und grünen Graniten, Quarzporphyren, Dolomiten, hellen und dunklen Kalken und bunten Hornsteinen zusammen. Stellenweise treten in der granitischen Molasse Nester von Glanzkohle auf, so im Schlundbach W Horw und im Rappentobel (W Katzenbalg, 1,2 km SSW Kriens). Beim Eingang zum Götzentäl (SE Dierikon, NE-Ecke der Karte), bei Stirnrüti E Waldegg (N Horw) und im Rappentobel hat F. J. KAUFMANN (1886/87) fossile Pflanzen gefunden.

Die Mächtigkeit des Aquitanien in der Umgebung von Luzern beträgt über 1000 m.

Die sporadischen Kohlenvorkommen im Aquitanien deuten darauf hin, dass in einem Festlandgebiet zu Torfmooren verlandete Seen vorhanden waren und somit ähnliche Ablagerungsbedingungen wie im Chattien herrschten. Die Nordverlagerung des Gebirgsrandes der entstehenden Alpen führte zu einem Wechsel der Zusammensetzung der Nagelfluhbänke. Die unterostalpinen Deckenkerne lieferten die extrem bunte Nagelfluh. Im oberen Aquitanien treten jedoch die Nagelfluhen infolge einer merklichen Abnahme der Schuttfuhr zurück (SPECK, 1953).

**m<sub>1</sub>            Burdigalien** = Obere Meeresmolasse, unterer Teil = Luzerner Sandstein.

Das Burdigalien, die Luzerner Schichten von F. J. KAUFMANN, schliessen nordwärts an das Aquitanien an und lassen sich diagonal von NE nach SW durch das ganze Kartengebiet verfolgen. Sie

bilden vom Rooterberg (NE-Ecke der Karte) zum Dotterberg, Homburg und Sonnenberg deutlich hervortretende Höhenzüge bis zur Schwandenegg und zum Arnenhubel, NE bzw. SW Schwarzenberg. Der Luzerner Sandstein ist ein blaugrauer, gut gebankter, glaukonitführender Sandstein mit dünnen Mergelzwischenlagen, welche die Tälchen zwischen den Rippen bedingen. Gegen W macht sich im oberen Teil eine zunehmende Vermergelung der Sandsteine bemerkbar. Die Mergelbänke sind im Renggloch (3 km W Kriens) vorzüglich aufgeschlossen.

Stellenweise treten im Luzerner Sandstein Bänke auf, die ganz von Steinkernen von Bivalven, hauptsächlich *Tapes helvetica* und *Cardium commune*, erfüllt sind. Am Karren E Dierikon (NE-Ecke der Karte) und an der Schwandenegg NE Schwarzenberg ist es zur Bildung von eigentlichen Muschelsandsteinbänken gekommen. Muschelbänke finden sich auch im grossen Steinbruch östlich unterhalb Paradiesli beim Renggloch (W Kriens), ferner bei den Gletschertöpfen im Luzerner Gletschergarten und im Sagenbachtobel SW Ebikon (668,3/214,15).

**m<sub>1k</sub>** Zwei **Kohlenflöze**, die von Mergellagen und bituminösen Süsswasserkalken begleitet sind, zeigen an, dass es infolge Regression des Meeres zeitweise zur Bildung von Seen und Torfmooren gekommen ist. Wie die Karte zeigt, lässt sich das nördliche Kohlenflöz vom Renggloch zum Sonnenberg, und spurenweise bis Dreilinden NE Luzern (667/212,5) verfolgen; das südliche zieht sich vom Blattenberg über Kurhaus Sonnenberg und die Hofkirche in Luzern – allerdings nicht mehr durchgehend vorhanden – bis zum Rooterberg hin, wo es in einem Steinbruch S Michaelskreuz, schon NE unseres Kartengebietes, aufgeschlossen ist.

Die Mächtigkeit des Burdigalien beträgt in der Umgebung von Luzern 800–900 m; sie nimmt von NE nach SW ab infolge starker tektonischer Zusammenpressung, verknüpft mit Überkipfung der Schichten.

Im Gegensatz zu den Verhältnissen in Bayern und im Broyetal (HAUS, 1954) konnte im Gebiet des Atlasblattes nirgends eine diskordante Auflagerung der Oberen Meeresmolasse auf das Aquitanien festgestellt werden. Wahrscheinlich ist aber auch hier das Burdigalien transgressiv auf eine unregelmässig erodierte Oberfläche des Aquitanien abgelagert, welche stratigraphischen Lücken entspricht.

An der Wende Aquitanien/Burdigalien setzen wieder gebirgsbildende Vorgänge ein, die mit einer Nordverlagerung und Absenkung des Gebietes der Achse des Molassetroges verbunden sind. Zugleich schieben sich andernorts gewaltige fluviatile Schuttfächer ins Burdigalienmeer vor, welche von Ur-Rhein und Ur-Aare

stammen. Unser Kartengebiet jedoch liegt in der Reussdepression und ist frei von Geröllschüttung geblieben.

**m<sub>2</sub> Helvétien:** Obere Meeresmolasse, oberer Teil.

An das Burdigalien schliesst gegen Norden das Helvétien an. Es bildet N Luzern die Hänge beiderseits des Rothseetales, quert die Reuss zum Stollberg und zur Zimmeregg hin und bildet dann ESE und S Malters den Nordhang des Kreuzhubel und der Schwandenegg. Das Helvétien setzt sich aus blaugrauen Sandsteinen und Mergeln zusammen mit eingelagerten Bänken von bunter Nagelfluh. Gute Aufschlüsse des Helvétien bieten der Reussdurchbruch unterhalb Luzern zwischen der Krummfluh (E Stollberg) und Emmenbrücke, das Nordende des Renggloches und die steilen Tobel am Hang zwischen Blatten und Malters.

Die Basis des Helvetien wird von einem fossilreichen Mergelband gebildet, das unter der Renggbrücke (660,95/210,3) gut aufgeschlossen ist. Darüber setzt eine Nagelfluhbank ein, die von einigen Autoren als Basisnagelfluh bezeichnet wird. Die Mergel des Helvétien enthalten eine artenreiche Molluskenfauna. Gute Fundstellen lieferten die Baugruben des Kantonsspitals Luzern (E der Reuss), die Krummfluh und das Stierenweidtabel SW ob Blatten (2,8 km E Malters). Es handelt sich um Muscheln, *Pecten bornensis* und Gastropoden, die in geringer Meerestiefe lebten. Einige Arten sind Brackwasserbewohner.

Die Mächtigkeit des Helvétien beträgt 300–350 m.

Im Helvétien erreicht die fluviomarine Geröllschüttung das Gebiet von Luzern. Mancherorts kann man in den Nagelfluhbänken eine Deltaschüttung beobachten, so z. B. im künstlichen Durchbruch des unteren Löchlibaches (NW Hünenberg) vor seinem Einfluss in den Rothsee. Die Nagelfluhablagerungen des Helvétien zeigen ungefähr den gleichen lithologischen Habitus wie die Nagelfluh des Napfgebietes, zu dessen Schuttfächer sie zu stellen sind. Die kristallinen Gerölle sind herzuleiten von den unterostalpinen (Dent Blanche) und den penninischen Decken (grüne Granite, grüne Quarzporphyre, permische Quarzite, Ophiolithe etc).

**m<sub>3</sub> Tortonien:** Obere Süsswassermolasse (OSM).

Das Tortonien nimmt nahezu die ganze NW-Hälfte des Kartengebietes ein; nur in kleinen Ausschnitten greift es in das Gebiet S der Emme-Reusslinie. Die OSM besteht aus grauen, weichen, oft zu Knauerbildung neigenden Sandsteinen, in welche graue und schwarzgraue, bituminöse Mergel eingeschaltet sind. Die Sandsteine sind in der Regel schlecht geschichtet. Etwa 4 km W Luzern stellen sich in der OSM Schnüre und Bänke von bunter Nagelfluh

ein, die zum Napschutfächer gehören. Es handelt sich, wie bei der Helvétienagelfluh, um eine Deltanagelfluh; dies ist aus der steilen Deltaschüttung einzelner Nagelfluhbänke bei Ammergehrigen, 1,3 km NW Malters sehr gut ersichtlich. Beim Aushub des Kanals des Elektrizitätswerkes Rathausen Emmen wurden im Tortonien dezimeterdicke Kohlenbändchen festgestellt.

Die Basis des Tortonien wird von einem Mergelband gebildet, das im westlichen Teil zwischen Blatten und Malters durch Eisenverbindungen gelb, rot und grün gefärbt ist. Vermutlich handelt es sich um verschwemmten Laterit einer Festlandperiode.

Die dunkeln Mergel des Tortonien enthalten stellenweise Süswasser- und Landschnecken, wie *Lymnaea* und *Helicidae*, so z. B. im Tobel S Gerliswil (ca. 4 km NW Luzern).

Charakteristisch für die Sandsteine des Tortonien sind die vielen Knauerbildungen. Es sind linsenförmige, harte Partien, die zufolge des höheren Kalkgehaltes und der damit verbundenen Härte knollig herauswittern. Die Knauersandsteine stellen eine fluviatile Ablagerung dar, wobei vielfältiger Wechsel des zugeführten Materials und Wiederaufarbeitung in einem Flussbett zu Zeiten geringer Schüttung stattfand (PAVONI, 1952). Die schwärzlichen Mergel mit Schalen von Landschnecken sind am Ende einer Überflutungsperiode abgelagert worden, als die Vegetation wieder Fuss fassen konnte, währenddem die grauen Mergel Produkte einer Überschwemmungsphase repräsentieren. Die grosse Mächtigkeit des Tortonien – sie beträgt in unserem Gebiet mindestens 500 m, ist aber wegen der quartären Abtragung nicht genau bestimmbar – und die im grossen ganzen gleichartige Ausbildung der Sedimente lässt auf einen sich gleichmässig senkenden Molassetrog schliessen. Bei den Überflutungen der Süswassermolasse der Tortonzeit spielten nach neueren Forschungen Sedimentverfrachtungen parallel zum Alpenrand eine grosse Rolle. Aber auch viele Sedimente der Meeresmolassen sind das Produkt ausgedehnter untermeerischer Strömungen.

Die Herkunft der Gerölle der OSM ist einerseits aus den unterostalpinen Decken, andererseits aus der südhelvetisch-penninischen Flyschdecke abzuleiten. Die Ophiolithe werden der hochpenninischen Platta-Decke zugewiesen (SPECK, 1953).

## **TEKTONIK**

### **TEKTONIK DER MOLASSE**

Wie schon oben dargelegt, fand während der Gebirgsbildung der Alpen eine Absenkung des Molassetroges statt. Nach Ablagerung des Tortonien erfolgte in der Endphase der alpinen Orogenese

die Faltung, Aufschiebung und Schuppung der Sedimente des Molassebeckens. Diese zeigt sich in der Gliederung der Molasse der Zentralschweiz in einen mittelländischen und einen subalpinen Anteil; die subalpine Molasse kann weiter unterteilt werden in gefaltete und aufgeschobene Molasse. Diese Verhältnisse erläutert die beigegebene Tafel «Geologische Querprofile durch das Gebiet von Atlasblatt Luzern», namentlich aber sei auf die «Tektonische Übersicht» rechts am Kartenrand verwiesen.

Zwischen der mittelländischen und der gefalteten Molasse lässt sich keine scharfe Grenze ziehen, es besteht ein gradueller Übergang je nach Ausmass der Faltung. Als Grenzlinie zwischen diesen beiden Molassezonen eignet sich im Gebiet des Atlasblattes, wie erwähnt, die Emme-Reusslinie. Gebiete mit einem subhorizontalen Schichtgefälle von unter  $5^\circ$  werden der mittelländischen Molasse zugeordnet.

#### a) Mittelländische Molasse

Beim Luegisland oberhalb Entlebuch – westlich ausserhalb unseres Kartengebietes – zweigt von der Hauptantiklinale der gefalteten Molasse eine Nebenantiklinale ab, die sich im Kartengebiet von oberhalb Ammergerhagen (NW Malters) zum Buggenringerwald und bis zum Littauerberg verfolgen lässt. Es ist die bereits von F. J. KAUFMANN im Gebiete der Bramegg (ca. 6 km W Schwarzenberg) festgestellte Bramegg-Antiklinale (Nr. 3 der «Tekt. Übersicht», A<sub>3</sub> der Profiltafel). Westlich ausserhalb unseres Kartengebietes quert sie, gegen E axial mit  $3-5^\circ$  absinkend, die Kleine Emme zwischen Schachen und Mittel-Langnau (ca. 3,5 km W Malters, SA. Bl. 201). Die nach SE fallenden Sandsteinbänke des Südschenkels sind in den Felswänden N Schachen – etwas westlich unseres Gebietes – sehr gut aufgeschlossen. An den Hängen N Malters ist der Südschenkel der Bramegg-Antiklinale nur undeutlich feststellbar. Besser lässt sich der mit ca.  $5^\circ$  nach NE abfallende Gewölbescheitel zwischen Föhren und Unter Knebligen (N Malters) beobachten. Die Bäche zwischen Buggenringer Wald (1,7 km N Blatten) und Gadenmatt (1 km N Thorenberg) zeigen im oberen Teil nach SE fallende Gesteinsbänke. Zwischen Geitigen und Neubühl (ESE Hellbühl) herrscht NW-Fallen vor. Dazwischen verläuft die Achse der Antiklinale. In der Gegend von Huobhof (1,6 km NNW Thorenberg), verflacht sich die Bramegg-Antiklinale im breiten, sanft abfallenden NW-Schenkel der Würzenbach-Antiklinale (= Hauptantiklinale, Nr. 5 der Tekt. Übersicht).

S der Bramegg-Antiklinale zieht sich eine Synklinale, von Farnbühl (auf Bl. 201) kommend, S oberhalb Malters hin. Wir nennen sie Farnbühl-Synklinale (Nr. 4 der «Tekt. Übersicht»)

S 4 der Profile). Ihre Achse lässt sich in den Bächen südlich oberhalb Haselholz, 1,3 km E Malters, sehr gut feststellen. Der Nordschenkel der Synklinale fällt mit  $5-10^\circ$  gegen S ein; der Südschenkel zeigt zunächst ungefähr gleich starkes Einfallen gegen N zu, wird dann gegen S aber rasch steiler und zeigt schliesslich überkippte Lagerung. In der Gegend von Stegmättli (1 km W Blatten) dürfte die Synklinale den Talboden der Kl. Emme queren. Wir treffen sie wieder deutlich aufgeschlossen in den drei Bachtobeln NW oberhalb Thorenberg. Die Achse verläuft von Spahau (1,2 km W Thorenberg) gegen Neu-Breitmatt (im NE). Die Schenkel fallen mit  $3-5^\circ$  ein. Am besten lässt sich die Farnbühl-Synklinale in dem beim Elektrizitätswerk Thorenberg einmündenden Bach beobachten. Bei Haufgarten (1,5 km NE Thorenberg) ist sie nicht mehr feststellbar.

Gegen N zu, gegen Hellbühl verflacht sich der Nordschenkel der Bramegg-Antiklinale. In den Tobeln N Hellbühl herrscht ungefähr horizontale Schichtlage. Wir befinden uns hier zwischen Hubshür und Bremgarten (0,9 km NW bzw. N Hellbühl) in einer Synklinale, die sich gegen Stritholz (1,5 km NE Hellbühl) verflacht. Wir nennen sie Bremgarten-Synklinale (Nr. 2 der «Tekt. Übersicht», S 2 in Profil V).

Am E- und NE-Hang des Homberges (SW Neuenkirch) fallen die Schichten mit etwa  $3-5^\circ$  nach SE ein. In den Bächen am Berghang S, W und NW von Neuenkirch ist diese Schichtlage durchgehend zu beobachten. Wir haben es in der NW-Ecke des Atlasblattes mit dem SE-Schenkel der Wartensee-Antiklynale zu tun, deren Achse ausserhalb des Atlasblattes vom Schloss Wartensee gegen Ruswil verläuft (Nr. 1 der «Tekt. Übersicht»).

Das ganze Gebiet von Gerliswil, Rothenburg und Bertiswil gehört dem NW-Schenkel der Hauptantiklinale 5 an, dessen Einfallen von SE nach NW abnehmend  $5-3^\circ$  beträgt.

Im Gebiet der flachwelligen Antiklinalen der mittelländischen Molasse bieten die morphologischen Verhältnisse eine gute Stütze für die Kontrolle der Schichtlage. Man findet häufig deutliche Schichtterrassen, die genau der Neigung der Schichten entsprechen, so bei Buchenhalden oberhalb Ammergehriegen (NW Malters) und im Gebiet W, NW und N Gerliswil, bei Neubühl (660/213,3), N Erlen (662,6/214), Wolfisbühl (661,9/213,6), Sprengli (663,2/214,7) und Huben (662,2/215,5). Bei Rothenburg kann man deutlich feststellen, wie die Bäche vorwiegend im Streichen der Schichten verlaufen, ebenso im Gebiete von Neuenkirch. Das Reusstal von Emmenbrücke an flussabwärts entspricht einem breiten Isoklinaltal. Mit Ausnahme der Strecke Thorenberg-Emmenbrücke verlaufen Kl. Emme und Reuss ziemlich genau im Streichen der

Schichten. Erst im W unseres Kartengebietes, zwischen Schachen und Werthenstein, beim Durchbruch durch die Bramegg-Antiklinale, wird das Tal der Kl. Emme auf eine kurze Strecke zum Quertal.

Die Feststellung der flachwelligen Antiklinalen und Synklinalen ist eine mühsame und zeitraubende Angelegenheit. Nur eine grosse Anzahl Schichtmessungen und die Heranziehung der Morphologie als Hilfsmittel führt zum Ziele. Es ist deshalb verständlich, dass sich die Ansicht von der horizontalen Lage der mittelländischen Molasse der Zentralschweiz so lange halten konnte.

F. J. KAUFMANN (1872) hat im Mittelland vielerorts geneigte Molasseschichten, von ihm «Schieflagen» genannt, gemessen. Er hat es aber unterlassen, seine Beobachtungen in geologischen Querschnitten zu berücksichtigen. In den geologischen Profilen durch die luzernische Molasse, welche der «Topographischen Karte des Kantons Luzern 1:25000, herausgegeben auf Anordnung der Regierung 1864–67», beigegeben sind, hat KAUFMANN die Molasse N der Emme-Reuss-Linie als ganz horizontal dargestellt.

## b. Subalpine Molasse

### 1. Äussere Zone = gefaltete Molasse

Das Hauptelement der äusseren Zone bildet die von der Ostschweiz bis in die Zentralschweiz zu verfolgende «Hauptantiklinale», für welche in der Gegend von Luzern auch die Bezeichnung Würzenbach-Antiklinale gebraucht wird, nach dem Tal des Würzenbaches 3 km E Luzern (Nr. 5 der «Tekt. Übersicht» und A5 der Profiltafel).

Im Würzenbachtal und bei Luzern erscheint die Hauptantiklinale als aufrechte Falte (siehe Profile I–III); gegen W zu aber überkippt sie gegen N (s. Profile IV–VI). Besonders deutlich ist diese Überkipfung, welche auf den Druck der Pilatusmasse zurückzuführen ist, im Luzernersandstein zu beobachten. Beim Durchbruch der Reuss durch diese Schichten in Luzern – Profil III – beträgt das Einfallen noch  $65^{\circ}$ – $85^{\circ}$  nach NW; beim Kurhaus Sonnenberg (jetzt teilweise abgebrochen) jedoch schon  $80^{\circ}$  nach SE, siehe Profil IV. Diese überkippte Schichtlage hält nun gegen WSW zu mehr oder weniger an bis zur Schwandenegg und zum Arnenhubel. Durch die stärkere Zusammenpressung der Schichten im Raume Sonnenberg-Blatterberg ergibt sich eine merkliche Reduktion der Schichtmächtigkeit.

Die Achse der Hauptantiklinale A 5 verläuft N des Würzenbaches und lässt sich dann nach WSW verfolgen zur Pauluskirche (1 km SW Bahnhof Luzern) und nach dem Gehöft Ei, 1,3 km S

Renggloch. Ein geschlossenes Gewölbe ist nirgends feststellbar. Sehr wahrscheinlich verläuft durch die Hauptantiklinale eine Scheitel-Aufschichtung. Darauf deutet die ungleiche lithologische Ausbildung der achsennahen Teile der Aquitanschenkel, insbesondere auch das Fehlen des Burdigalien in der südöstlich der Hauptantiklinale folgenden Synklinale, welche nur Aquitanien aufweist. Von NE nach SW wird das Einfallen der Aquitanschichten des SE-Schenkels zufolge der Überkipfung immer flacher. In der Gegend von Hergiswald (1,8 km SSW Renggloch) sinkt es auf ca.  $30^{\circ}$  SSE.

Die Burdigalienschichten der Schwandenegg und diejenigen des Arnihubels, sowie das Aquitan der Rümli Schlucht (SW-Ecke der Karte) fallen – steil überkippt – nach SSE ein.

Auf die Hauptantiklinale folgt gegen SE zu die nach dem Hof Allmendli (1,6 km SSE Bahnhof Luzern) genannte Allmendli-Synklinale (Nr. 6 «Tekt. Übersicht», S 6 der Profiltafel). Sie lässt sich von Sentebühl (0,4 km N Kirche Meggen) nach SW zu über Tannenboden-Bad-Salzfass (Ostufer Luzernersee)-Imfang (1,6 km SE Bahnhof Luzern)-Allmendli-Herrütliwald (2 km SW Kirche Kriens) bis zur Vereinigungsstelle von Rotbach und Krienbach (2 km S Renggloch) verfolgen. Zwischen Salzfass und Rebstock kann die Synklinale in den Felsen am Ostufer des Luzernersees bei der Vorbeifahrt vom Schiff aus deutlich erkannt werden. Von NE nach SW erfährt die Allmendli-Synklinale eine immer stärkere Zusammenpressung; W des Krienbaches ist sie – wie die Hauptantiklinale – überkippt und nicht mehr sicher verfolgbar.

Fährt man in einem Boot von Meggenhorn (3,5 km SW Meggen) nach der Insel Altstaad, so beobachtet man am Felsufer und bei der Kapelle St. Niklaus mit ca.  $70^{\circ}$  nach NW einfallende Sandstein- und Nagelfluhschichten. Beim Felsriff auf der Insel Altstaad fallen indessen die Nagelfluhbänke mit  $50\text{--}55^{\circ}$  gegen SE ein, so dass zwischen Altstaad und der gleichnamigen Insel die Achse einer Antiklinale durchstreichen muss. Wir nennen sie Altstaad-Antiklinale (Nr. 7, «Tekt. Übersicht», A 7 der Profiltafel). Im Birregg-Gebiet S Luzern treffen wir diese Antiklinale W des Hofes Bachtel (667,6/208,5) im Bett des SE Langensand in den See mündenden Baches. Der NW-Schenkel fällt mit  $60\text{--}65^{\circ}$  ein; der SE-Schenkel mit ca.  $80^{\circ}$ . Eine Gewölbeumbiegung ist nicht zu beobachten, da auf der Achse im Bachbett Moräne liegt. BAUMBERGER (1934) zeichnet in Profil und Karte die Achse der Antiklinale bei Oberrüti, dem höchsten Punkt der Birregghalbinsel, und nennt sie deshalb Biregg-Antiklinale. Diese Darstellung ist zu berichtigen, da nicht nur im Tobel W Bachtel, sondern auch im Tobel N des Hofes Stegen (W Bachtel) an mehreren Stellen NW-fallende Aquitan-

schichten zu beobachten sind. Zur Vermeidung von Verwechslungen wird daher die Bezeichnung Birregg-Antiklinale besser fallen gelassen.

Die Altstaad-Antiklinale treffen wir jenseits der Ebene von Horw im Schlosstobelbach (1 km SSE Kirche Kriens) und im Haslibachtobel, E der Hütte Grausteinboden. Im Seitenbach S der Hütte lässt sich in ca. 740 m Höhe ein kleines Gewölbe beobachten. N der Grausteinboden-Hütte trifft man in einem andern Seitenbach des Haslibachs eine Synklinale und eine Antiklinale. Die Mulde ist auf Kote 740, die Falte bei Kote ca. 650 im Bachbett abgeschlossen. Diese tektonischen Elemente streichen gegen WSW zum Rotbach hin. Hier sind die Schichten bereits überkippt, so dass Falten und Mulden nicht mehr erkannt werden können. Vom Zusammenfluss von Krienbach und Rotbach an herrscht im Krienbach flussaufwärts bis zur Hauptaufschiebung ein SE-Fallen der Aquitanschichten von 40–60°. Eine kleine Falte lässt sich im Flözergraben 800 m SW Hergiswald beobachten.

Von NE nach SW nimmt also im aquitanen Gebiet der äusseren subalpinen Molasse die Zusammenpressung der Falten bis zur Überkipfung zu.

Folgt man auf der E-Seite der Horwer-Halbinsel der Strasse von Langensand über St. Niklausen nach Kastanienbaum, so trifft man bis zum Bächlein, das S des Hofes Schwanden hinunterfliesst, mit 60–40° nach SSE einfallende Aquitanschichten der Altstaad-Antiklinale. An der Strasse treten nun W ob Krämerstein plötzlich mit 40° nach NNW fallende Nagelfluh- und Sandsteinbänke auf. Auf Grund dieser Schichtlage hat BAUMBERGER (1934) das Vorhandensein einer Krämerstein-Mulde und eines im S anschließenden Krämerstein-Gewölbes angenommen, die Achse des Gewölbes zieht er durch das Utohorn. Die tektonischen Verhältnisse sind nun aber keineswegs so einfach. Fährt man bei niederem Wasserstand mit einem Boot von Kreuzfluh aus am Utohorn vorbei gegen Kastanienbaum, so beobachtet man am Felsufer NW Krämerstein mit 46° nach SSE einfallende Nagelfluh- und Sandsteinbänke. Diese Schichtlage hält an bis zur kleinen Bucht SE Krämerstein. Beim Häuschen S der Bucht stösst man nun aber auf mit 5° nach NNW fallende Sandstein- und Mergelschichten, in denen eine senkrechte Verwerfung auftritt. Die Schichtlage wird nun steiler und erreicht vor der Spitze des Utohorns 35–25° NNW-Fallen. Auf der Südseite des Utohorns jedoch fallen die Nagelfluhbänke mit 45° nach SSE. Gegen die Hauptaufschiebung erniedrigt sich der Fallbetrag auf 38° nach SSE.

Aus diesen Beobachtungen ergibt sich, dass durch die Krämersteinbucht eine Synklinale zieht und dass bei Utohorn eine Anti-

klinale vorhanden ist. Wir nennen diese tektonischen Elemente Krämerstein-Synklinale (= S 8) und Utohorn-Antiklinale (= A 9 der Profiltafel). Dabei ist aber zu beachten, dass unsere Krämerstein-Synklinale ca. 150 m S der von BAUMBERGER an der Strasse beobachteten Synklinale liegt. Die NNW-fallenden Aquitansichten SW Tannegg gehören einer ganz kleinen Falte an, die gegen das Seeufer hinunter verschwindet, denn die SSE-fallenden Nagelfluhbänke S der Tanneggbucht (zwischen Kreuzfluh und Krämerstein) streichen in die NNW-fallenden Nagelfluh- und Sandsteinbänke an der Strasse hinein. Würde es sich bei der Krämersteinmulde BAUMBERGERS um eine wirklich bedeutende Synklinale handeln, so käme dies wohl auch morphologisch zum Ausdruck, wie dies bei der von uns beobachteten Krämerstein-Synklinale der Fall ist, welche ein Tälchen bildet.

Krämerstein-Synklinale und Utohorn-Antiklinale tauchen nach W unter das Stampien des Dickewaldes und sind in der Bucht von Winkel nicht mehr feststellbar.

Im Gebiet der granitischen Molasse lassen sich nicht nur Längsstörungen, sondern auch Querstörungen nachweisen. Drei solcher Störungen finden sich ca. 2 km N und NW Meggen auf der Südseite des Würzenbaches; sie verlaufen S-N und durchsetzen den S-Schenkel der Hauptantiklinale und zwar lässt sich folgendes feststellen: Im sog. Wildsautobel ob Risiboden (SSE Adligenswil) beträgt die Verschiebung der Nagelfluhbänke bis 2 m, wie im Bachbett, das der Querverschiebung folgt, deutlich zu beobachten ist. Eine weitere Querstörung ist beim obersten Nagelfluhhorizont S Stöcken (1,5 km E Adligenswil) feststellbar. Der bedeutendste Querbruch zeigt sich im Tälchen SE Stöcken; die Querverschiebung der Nagelfluhbänke beträgt fast 50 m; auch hier folgt der Bach der Störung auf einer mehr als 500 m langen Strecke.

Nach der Auffassung von BAUMBERGER (1925) wäre das Aquitanien der gefalteten Molasse von der stampischen Unterlage abgeschürft, zusammengestaucht und emporgepresst worden. Die Verhältnisse in der Zentralschweiz geben aber keinen Anhaltspunkt für die Richtigkeit dieser Auffassung. Es scheint sehr wohl möglich, dass im Bereich der gefalteten Molasse auch das unterliegende Stampien in die Faltung einbezogen worden ist. Dass in den Antiklinalkernen kein Stampien zum Vorschein kommt, ist leicht zu erklären angesichts der gewaltigen Mächtigkeit des Aquitanien am Alpenrand, das nicht bis zum Stampien erodiert worden ist.

## 2. Innere Zone = Aufgeschobene Molasse

Auf die gefaltete subalpine Molasse folgt gegen S die aufgeschobene Molasse und zwar wird die Grenze beider Gebiete durch

die Hauptaufschiebung gebildet (vgl. die Profile III–VIa der Tafel). Längs der Schubfläche ist die stampische Molasse auf die gefaltete Aquitane aufgeschoben worden, und zwar treten entweder die unterstampischen Grisigermergel in direkten Kontakt mit dem Aquitan, oder aber es sind diese beiden Schichtfolgen voneinander getrennt durch ein verschürftes Paket stampischer Schichten, vorwiegend Weggiserschichten, das von J. Kopp festgestellt und als Giebelegg-Schuppe bezeichnet worden ist, nach dem Vorkommen an der Giebelegg, 3,5 km SW Kirche Kriens (661,2/206,9). Erst über dieser Zwischenschuppe folgen dann – wieder durch eine Überschiebungsfläche getrennt – die Grisigermergel, die dann in normaler Folge von den jüngeren stampischen Schichten überlagert werden.

Was den Verlauf der Hauptaufschiebung betrifft, so ist diese Störungslinie im Abschnitt zwischen Horw und dem Eigenthal nur an wenigen Stellen aufgeschlossen; auf weite Strecken ist sie von Moräne überdeckt. Wir finden sie am Fussweg ca. 200 m W oberhalb des Hofes Rainli, 1,25 km SW Horw. Durch einen kleinen Schlipf blossgelegt, treten hier rötliche und grünliche Chattien-schichten bis auf wenige Meter an granitische aquitane Sandsteine heran.

Sehr deutlich ist die Hauptaufschiebung im Steinibach unterhalb der Wegbiegung NW Ober Grisigen aufgeschlossen. Stark gequetschte rote Mergel mit Kalksandsteinlagen des Chattien liegen hier granitischen, etwas konglomeratischen Aquitan-Sandsteinen auf.

Ca. 1 km weiter westlich verläuft die Hauptaufschiebung durch den südlichen Teil des ehemaligen Bruderhusenweiher. Auf granitischem Sandstein mit einer Nagelfluhbank liegen graue Mergel und Kalksandsteine mit einer Kalknagelfluhbank.

Im Krienbachgebiet lässt sich die Hauptaufschiebung etwas oberhalb des in granitische Molasse eingeschnittenen Knies W Giebelegg beobachten. Stampien und Aquitanien zeigen bei diesen Aufschlüssen ungefähr gleiches Einfallen. Beim Steinibach und bei Rainli (SW Horw) beträgt das Einfallen 35–45°, beim Krienbach ca. 75°. Der westlichste Aufschluss der Hauptaufschiebung im Gebiete des Atlasblattes befindet sich am Weg, der vom Gehöft Schilt nach der Einsattelung zwischen Höchberg und Würzenegg (P.1085, 1,3 km E Kurhaus Eigenthal) führt. Über granitischen Sandsteinen und bunter Nagelfluh des Aquitanien folgt – hier nur wenige Meter mächtig – ein verschürftes Paket von Kalksandsteinen und Mergeln der Weggiserschichten, das der Giebelegg-Schuppe entsprechen dürfte; dann beginnt das normale Stampienprofil des Höchbergs (vgl. Profil VIa der Tafel).

Auf der Horwer Halbinsel ist die Hauptaufschiebung nirgends aufgeschlossen. Der Verlauf ist jedoch durch nahe beieinander liegende Aufschlüsse von granitischer Molasse und Grisigermergel sichergestellt. Anzeichen eines dünnen Zwischenpakets, entsprechend der Gibelegg-Schuppe, konnten keine gefunden werden.

Möglicherweise verläuft durch die Horwer Bucht und das Tal von Horw eine kleine Querverschiebung, an der das Gebiet W derselben vorgeschoben worden ist (vgl. die «Tekt. Übersicht»); daraufhin deutet der nach dem Schichtfallen konstruierte Verlauf der Hauptaufschiebung. An der Strasse N Kastanienbaum ist die Hauptaufschiebung durch ein kleines Tälchen markiert. Die Grisigermergel wurden durch Schürflöcher am Seeufer festgestellt.

Über die schon oben erwähnte Gibelegg-Schuppe sei noch folgendes erwähnt: Dieses Schichtpaket erreicht seine grösste Mächtigkeit (mehrere hundert Meter) im Gebiet zwischen Weirüti (500 m W Grisigen) und der Gibelegg. Innerhalb der Gibelegg-Schuppe ist eine Überschiebung vorhanden. Darauf deuten die scharf abgeschnittenen und auf roten Mergeln liegenden Kalknagelfluhbänke W oberhalb Weirüti (664,4/207,1). Die Gibelegg-Schuppe lässt sich bis ins Entlebuch verfolgen und entspricht dem «Sandstein mit Schiefermergel», den FRÖHLICHER (1933) an der Basis der Bächlenserie ausgeschieden hat.

### **Die aufgeschobene Molassezone des Südtails der Horwerhalbinsel und der Höhenzüge zwischen Ennethorw und Höchberg.**

Die neuen Kartierungen (A. BUXTORF et al., 1941) haben ergeben, dass Rupélien und Chattien der aufgeschobenen Molasse einen komplizierteren Bau aufweisen, als BAUMBERGER für dieses Gebiet angenommen hat. Flache Überschiebungen und Querbrüche durchsetzen das mächtige Schichtpaket.

Betrachten wir zuerst die Verhältnisse an den Hängen W der Horwer Bucht.

Verfolgt man die S der Mergelgrube Grisigen sehr schön aufgeschlossenen Horwerplatten gegen E zu hangabwärts, so zeigt sich, dass sie ungefähr auf der Höhe des Weges nach Eggboden plötzlich abgeschnitten sind und dass in ihrer Fortsetzung nach unten Grisigermergel auftreten. Steigt man nach Überschreiten des bei Neusagen in die Horwer Bucht mündenden Hinterbachs das sog. Kletterweglein gegen Eggboden hinauf, so kann man in einem Felsanriss rechts des Wegleins kurz vor der Wegbiegung, die ins Moränengelände führt, Weggiserschichten unterteuft von Grisigermergeln feststellen. S Eggboden verläuft eine Kalknagelfluhbank, welche im Hinterbachwald, der ganz auf Grisigermergeln liegt, keine Fortsetzung findet. Erst am Südennde des Waldzipfels zwi-

schen Eggboden und Ober Scheidhalten trifft man in einem kleinen Steinbruch wieder auf Horwerplatten, die sich zum Wiedenbach hinunter verfolgen lassen; sie überlagern die Grisigermergel, die hier von einer Kalksandsteinbank durchsetzt sind. Diese Beobachtungen zwingen zum Schluss, dass zwischen Grisigen und Eggboden eine annähernd horizontal verlaufende, bedeutende Aufschiebung vorhanden sein muss, die Eggboden-Aufschiebung, die erstmals von A. BUXTORF festgestellt und von J. KOPP noch näher untersucht worden ist (1941). Die Aufschiebungsfläche verläuft auf ca. 600 m Höhe; das Ausmass der Aufschiebung beträgt ungefähr 600 m (siehe Profil III u. IV der Tafel). In den Weggiserschichten des Wiedenbaches konnte die Eggboden-Aufschiebung trotz eifrigem Suchen nicht nachgewiesen werden und weiter südlich ist sie vom Haltiwaldbergsturz überdeckt. Nordwärts muss die Eggboden-Aufschiebung unterhalb der Mergelgrube und bei Grisigen durchziehen, ohne aber aufgeschlossen zu sein.

Den Grisigermergeln oberhalb des Weges von Grisigen nach Weirüti sind auffallenderweise einige Schürflinge von granitischem Sandstein und bunter Nagelfluh des Aquitanien eingeschaltet. Das Vorhandensein dieser Schürflinge deutet darauf hin, dass in der Tiefe das Aquitanien in direkten Kontakt mit den Grisigermergeln treten muss, so dass bei der Aufschiebung der Mergel losgerissene Fetzen von Aquitanien nach oben verschleppt werden konnten (siehe Fig. 2 in BUXTORF-KOPP-BENDEL, 1941).

Die Eggboden-Aufschiebung ist auch auf der Horwer Halbinsel vorhanden. Über der breiten Zone der Grisigermergel zwischen Niederrüti und Pilatusblick liegen im Dickewald Weggiserschichten mit Kalknagelfluhbänken, die von Horwerplatten und Grisigermergeln unterlagert werden. Wie A. BUXTORF erstmals erkannte, bildet die Höhenkuppe von Birrholz-Dickewald eine «Molasseklippe», die teils auf Grisigermergeln, teils auf granitischer Molasse aufliegt. Schürfungen, welche am Ostrand der Klippe von J. KOPP vorgenommen wurden, haben den Verlauf der Hauptaufschiebung genauer feststellen lassen. Die Hauptaufschiebung verläuft unter dieser Klippe, die durch einen Querbruch von 100 m Ausmass zweigeteilt ist. Die Verhältnisse auf der Horwer Halbinsel deuten darauf hin, dass zuerst die Hauptaufschiebung erfolgte und dann später, unter dem Einfluss der weiter wirkenden Schubkräfte sich im Stampien die Eggboden-Aufschiebung entwickelte.

Aus der starken Verquetschung der Weggiser- und Horwerschichten S des Breiten-Steinbruchs (667,5/206,45) und in einer Baugrube NW Kastanienbaum kann geschlossen werden, dass zwischen Hinterrüti und Kastanienbaum noch sekundäre Schubflächen verlaufen.

**Querbrüche.** Am Felsgrat NW der Scheune Schwendelberg ist ein kleiner Querbruch vorhanden, an welchem der Ostflügel ca. 20 m vorgeschoben worden ist. Ein weiterer Querbruch ist am rechten Hang des Steinibaches zwischen den Quoten 850 und 910 (2,5 km SW Bahnhof Horw) zu beobachten. Die Richtung der steilen Bruchfläche ist N 10° E. Auch hier ist der Ostflügel vorgeschoben, etwa um 100 m.

Der grösste Querbruch in der aufgeschobenen Molasse verläuft durch das mit Rutschmassen ausgefüllte Tälchen östlich Dornegg, das gegen SE zum Gredloch (Karten-Südrand) hinaufführt. Es ist der von J. KOPP erkannte Gredlochbruch, dessen Verschiebungsbetrag 800–900 m betragen dürfte. Während auf der Ostseite des Bruches, WNW der Skihütte, Horwerplatten und Grisigermergel anstehen, findet man westlich des Bruches an der Dornegg und ihrem Nordgrat nur Weggiserschichten mit einzelnen Kalksandsteinbänken. In den Mergeln und Sandsteinen oben auf der Ostseite des Gredloches konnten starke Verquetschung und Begleitklüfte festgestellt werden, was offenbar den Ausbruch des Gredlochrutsches bedingte. Die Bruchfläche dürfte N 55 W streichen und steil nach SW einfallen. Wie A. BUXTORF feststellen konnte, setzt sich der Gredloch-Querbruch bis in den subalpinen Flysch fort und verläuft parallel zum Lopperberg-Bruch, als dessen Äquivalent er zu betrachten ist (siehe «Tekt. Übersicht»). W des Gredloches erfahren Giebeleggschuppe und Horwerschichten der Högberg-Nordseite eine starke Reduktion.

Querbrüche dürften auch im Bereich des Vierwaldstättersees, im sog. Kreuztrichter vorhanden sein. Die Senke in seinem östlichen Teil zwischen den Punkten 429 und 427 (Koord. 672,5/209,2) könnte vielleicht durch einen Parallelbruch zum Hertensteinbruch (BUXTORF und KOPP, 1943) bedingt sein, der sich durch ein gleichartiges Tälchen morphologisch abhebt.

### c.) Der Mechanismus der subalpinen Molassetektonik

Auf Grund der Auffassung zahlreicher Autoren, dass die oligocaene Molasse bis weit unter die Helvetischen Decken und Flyschmassen hineinreiche – in der Zentralschweiz dürften es wohl etwa 15 km sein – dürfen wir annehmen, dass die älteren Molassesedimente unter dem Einfluss alpinen Drucks zusammengestaut und in Schuppen zerlegt nach Norden vorgeschoben worden sind. Der Schuppung ging eine intensive Faltung und Zusammendrängung voraus; aus Antiklinal- und Synklinalaufschiebungen entwickelten sich die einzelnen Schuppen. Stellenweise sind im Gebiet unserer Karte noch Reste von Falten vorhanden, doch ist die Schuppung

in der inneren Zone der subalpinen Molasse die vorherrschende Bauart.

Die äussere Zone wurde unter dem Druck der Schuppen in steile Falten gepresst, wobei sich die Hauptantiklinale zu einer Antiklinalaufschiebung entwickelte. Beim Zusammenschub kam es zur Bildung von Querbrüchen, die durch Unregelmässigkeiten des Untergrundes oder Zerrungen bedingt sein können. Wo grosse starre Nagelfluhmassen (Rigi) vorherrschten, wurden sie «en bloc» aufgeschoben (Buxtorf, 1943).

In einer letzten Phase kam es zur Ausbildung von horizontalen Überschiebungen, woraus unter Mitwirkung der später einsetzenden Erosion stellenweise «Molasseklippen» entstanden.

## QUARTÄR

mit Beiträgen von A. Buxtorf (Eigenthal und Schwarzenberg)

### a. Diluvium

Während den diluvialen Eiszeiten war das ganze Kartengebiet von Gletschern überdeckt. Nach der Höhenlage der Moränenablagerungen können Riss- und Würmmoränen unterschieden werden. Rissmoränen sind einzig im Bereich der Pilatusvorberge erhalten geblieben (siehe unten); im ganzen übrigen Gebiet finden sich nur würmeiszeitliche Ablagerungen; diese geben uns einigermaßen sichere Auskunft über die Herkunft des Eises.

Sehen wir zunächst ab von den Lokalgletschern des Pilatusgebietes, die die SW-Ecke unseres Kartengebietes kennzeichnen, so waren es hauptsächlich zwei Gletscher, die in unser Gebiet eingedrungen sind.

Der E-Teil war überdeckt vom Reussgletscher, der W-Teil dagegen vom Aare-Brüniggletscher, der sich als Abzweigung des Aaregletschers bei seinem Höchststande aus der Gegend von Meiringen nach NE über den Sattel des Brünigpasses in das Tal der Sarneraa ergossen hat und dann – von SW her – in unser Gebiet eingedrungen ist. Wir dürfen annehmen, dass der mächtige Moränenwall, der – ansetzend an das Moränengebiet von Weingarten-Mettlen – (siehe SE-Ecke der Karte) sich unter dem Seespiegel über 1 km weit nach NW zu verfolgen lässt, der Mittelmoräne zwischen Reuss- und Aare-Brüniggletscher entspricht. Die Grenze zwischen den beiden Gletschern innerhalb unseres Kartengebietes wäre dann also ungefähr in der Verlängerung dieser Mittelmoräne des Luzernersees ganz dem Reussgletscher zuzuweisen; er hätte auch den Nordteil des Birreggwaldes (S Luzern), das Stadtgebiet von Luzern und das Gebiet im NE einer Linie überdeckt, die etwa vom Birreggwald in die NW-Ecke unserer Karte zu ziehen wäre. Das Gebiet W

dieser Linie wäre vom Aare-Brüniggletscher überdeckt worden, soweit es nicht von den Lokalmoränen des Pilatus eingenommen wird. Eine scharfe Abgrenzung der beiden grossen Gletschergebiete unter Verwertung des transportierten Moränen- und Blockmaterials ist aber nicht möglich, denn beide Gletscher kommen aus geologisch analogen Regionen (nördliches Aarmassiv und helvetische Kalkalpen). Es sei aber darauf hingewiesen, dass für den Aare-Brüniggletscher auch Gesteine aus dem Gebiet der Giswilerklippen bezeichnend sind. A. BUXTORF konnte Obere Kreide, sog. «Couches rouges», die vom Rothspitz bei Giswil stammen dürften, sowohl im Kriembachgebiet SW Kriens, als auch bei Schwarzenberg nachweisen.

Eine Abtrennung des Engelbergergletschers, der sich bei Stans – ca. 3 km S unseres Kartengebietes – zwischen Aare-Brünig- und Reussgletscher einschiebt, ist nicht durchführbar. Seine Erratika lassen sich – wie A. BUXTORF (1910) gezeigt hat – noch im Bürgenstockgebiet abtrennen, aber nicht weiter nordwärts.

Von den Lokalglacierschern des Pilatus ist für unser Kartengebiet nur der Eigenthalgletscher von Bedeutung (Eigenthal, siehe S-Rand der Karte zwischen Ord. 659 und 660); eine eingehende Besprechung folgt unten (S. 28ff.).

### 1. Risseiszeitliche Ablagerungen

**Q<sub>3mP</sub>, Q<sub>3mA</sub>** Im Krienser- und Horwerhohwald (3,8 km SW Horw) sowie am Kamm der Würzenegg N des Eigenthales finden sich oberhalb der höchsten würmeiszeitlichen Wallmoränen des Aare-Brünig- und Eigenthalgletschers Moränenablagerungen, die wohl der Riss-Eiszeit, und zwar dem Aare-Brüniggletscher zuzuweisen sind. Im Horwerhohwald unterscheiden sich Riss- und Würm-moränen durch die gelblich-rote Verwitterungsfarbe der ersteren; die Würmmoränen zeigen sich im Anriss bedeutend frischer.

In diesen risseiszeitlichen Moränen sind auch kristalline Gesteine und Blöcke aus dem Aarmassiv vertreten; vorherrschend aber ist sedimentäres Material aus den Kalkalpen des untern Haslital und namentlich aus dem Brünig- und Sarnerseegebiet (Gross- und Klein-Melchtal, Giswilerklippen, Schlierenflysch und S-Teil der Pilatuskette).

Nach der Höhenlage kann wohl auch die Moränenkappe des Arnenhubels 1 km SW Schwarzenberg (SW-Ecke der Karte) noch als Rissmoräne gedeutet werden.

### 2. Würmeiszeitliche Ablagerungen

#### Grundmoränen

**Q<sub>4m</sub>** Grundmoränen des Reussgletschers finden sich im Gebiet E Luzern zunächst am Seeufer bei Meggen und im Tal des

Würzenbaches, der beim Strandbad Lido in den Luzernersee mündet; sie füllen auch die Tälchen der dazwischen liegenden Rippenlandschaft. Beidseits des Ronthales (Ausfluss des Rothsees) finden sich in Tälchen und flachen Lagen ebenfalls Würmmoränen. Grössere zusammenhängende Grundmoränenablagerungen des Reussgletschers trifft man ferner im N- und NW-Teil des Kartengebietes: Umgebung von Rothenburg und Neuenkirch, sowie am NE-Abhang des Hombergs (3 km SW Neuenkirch).

Zu den Moränenablagerungen des Aare-Brüniggletschers sind die glazialen Überdeckungen des S-Teils der Horwerhalbinsel, der Abhänge E und W Horw, N und S Kriens zu stellen, ferner die ausgedehnten Moränengebiete zwischen Hergiswald (3,5 km WSW Kriens) und Schwarzenberg und S Malters. Nördlich der Kleinen Emme sind als Aare-Brüniglmoränen die Überdeckungen auf dem Littauer- und Brunauerberg, sowie im Becken von Ziswil (2,5 km W Hellbühl) zu nennen.

**¶4mP** Das Bannwaldgebiet zwischen Eigenthal und Schwarzenberg besteht aus Moränen des Eigenthalgletschers, an die sich gegen W Moränen von andern Lokalgletschern der Pilatuskette anschliessen (Näheres siehe unten, S. 28 ff.).

### Wallmoränen

Dem Höchststand des Aare-Brüniggletschers gehört der Moränenwall Schwandegg 1086 m – Krienseregg 1035 m, 3,5 km WSW Horw an, der sich gegen WSW gegen die Giebelegg verfolgen lässt und dann – W des Krienbachtals – seine Fortsetzung findet in dem Moränengebiet des Stösswaldes und bis Schilt und Neualp (3,8 km E Schwarzenberg) hinaufreicht. Die Zugehörigkeit dieser Moränen zum Aare-Brüniggletscher ist durch das Auftreten von Granitblöcken und Geschieben von Couches rouges erwiesen; durch den Krienbach und seine Zuflüsse von W her hat aber starke Abtragung stattgefunden. Zum Wall von Neualp gehört die entsprechende Zungenmoräne, welche das Tal des Krümmelbaches zwischen Lifelen und Vorder Kotzigen quert (1,6 km E Schwarzenberg).

Zwischen Krienseregg und Langenwasen (2,5 km SW Kriens) treten vier tiefer gelegene Wälle auf, denen an der Strasse von Hergiswald nach dem Eigenthal die Wälle bei Kappeleggwald und Gass (2,4 km SW Renggloch) entsprechen.

Zum Höchststand des Aare-Brüniggletschers sind ferner zu stellen der Wall von Gräfligen, 1,5 km SE ob Malters, ferner der kleine Wall, auf dem die Kirche von Schwarzenberg steht; die N-S-Richtung dieses letzteren Walles liesse sich durch die Annahme erklären, er sei abgelagert worden am E-Rand einer Eiszunge, die die leichte Senke unter dem Wort «Schwarzenberg» ausgefüllt habe;

der Wall könnte aber auch auf die Erosion eines hier lokal gegen N gerichteten, ehemaligen Rümliглаufes zurückzuführen sein. Die Wälle von Gräflichen und Schwarzenberg gehören dem Haupteisstrom an, der im N von Kreuzhubel und Schwandenegg verlief. Als Fortsetzung der Wälle zwischen Krienseregg und Langenwasen sind die Wälle von Gräflichen und Siten (1,5 und 1 km SE Malters), bzw. Schluchtkapelle, Schlatt und Liebetsegg (SW Malters) aufzufassen. SE der Schwandegg entspricht ihnen der Wall von Buholzerschwendli (664/206,1).

N der Kleinen Emme – etwa 2–3 km im NW, N und NE von Malters – sind der Doppelwall von Ziswil und die Wälle zwischen Holz und Zinggen vom Aare-Brüniggletscher abgelagert worden.

Als Seitenwälle des Engelbergergletschers sind ferner die Wälle von Kreuel und Schweinferch, WSW bzw. W Horw, zu deuten. Vom gleichen Gletscher dürften die Wälle Matthof-Unterwil E Littau und Waisenhaus-Rothenwald S des Emmeknies bei Emmenweid aufgehäuft worden sein. Ein kleiner Wall findet sich bei Obergütsch 1,5 km NE Kriens. Auf der Westseite der Horwerhalbinsel hat der Engelbergergletscher den wohlausgeprägten Wall Untermatt-Althof geschaffen und 1 km weiter im SE die Wälle von Mättihalden, Boden und N Fondlenhöhe. Hingegen dürften die beiden kleinen Wallreste bei Hinter-Rain, 2,3 km SE Bahnhof Luzern, bereits zum Reussgletscher gehören.

Grössere Wallmoränen des Reussgletschers sind im Kartengebiet nur SW und W Neuenkirch am Hang des Homberges von Hunkelen über Ober-Hommel nach Ober-Lindig vorhanden. Sie markieren das Sursee-Stadium des Gletschers. Dann folgen gegen die Alpen zu zwei stirnmoränenartige Wälle W Riffigweiher, SW Rothenburg; sie entsprechen dem Rotkreuz-Stadium des Reussgletschers.

Seitliche Gletscherlappen des Reussgletschers haben im Tal des Würzenbachs und im Tal des Ebikoner Mühlebachs Stirnmoränenwälle aufgeschüttet. Zwischen Adligenswil und Ebikon queren Wälle bei Widspühl und Bühl das Tal. Im Würzenbachtal finden sich kleine Wälle unterhalb Hinter Buggenacker, beim Sagenhof und bei Angel-Stöcken. Am oberen Eingang des Götzentales (SE Dierikon) ist NE oberhalb Hinter Stegmatt ein Wallrest erhalten geblieben.

Unter den Wallmoränen der Lokalgletscher des Pilatusgebietes nehmen die des Eigenthalgletschers im Kartengebiet den grössten Raum ein. A. BUXTORF stellt über die von ihm durchgeführten Aufnahmen folgende Angaben zur Verfügung:

Das Einzugsgebiet des Eigenthalgletschers, das sich mit dem des Rümliглаches deckt, wird gebildet von der N-Flanke des

Pilatus, der N anschliessenden subalpinen Flyschzone und den südlichen Teilen der aufgeschobenen stampischen Molasse (siehe «Tektonische Übersicht»). Dementsprechend sind als Moränenmaterial hauptsächlich vertreten: Gesteine der Kreide und des Eocaens des Pilatus, Flyschgesteine und Nagelfluh des Chattien.

In der Stirnregion des Eigenthalgletschers können ein äusserer und ein innerer Moränenwall unterschieden werden.

1. Äusserer Moränenwall: der Nordteil dieses Walles beginnt am Südhang der Würzenegg, N des Ferienheims Luzern, und verläuft gegen W über die Spitelegg, wird dann aber durch die junge Erosionsrinne des Rümliig abgeschnitten. Wahrscheinlich bog hier die Stirnzunge des Gletschers gegen N um, Richtung Lifelen. Bei Moos (500 m S Lifelen) setzt dann die Stirnmoräne ein, verläuft zunächst südsüdwestwärts gegen Säubad, biegt aber beim B von «Bannwald» gegen SE um und lässt sich dann ostwärts verfolgen bis S Maienstoss.

Dieser äussere Wall dürfte dem Würm-Maximum entsprechen. Bemerkenswert sei, dass sich in seiner äusseren Randpartie N Spitelegg und im Guberwald einige Granitblöcke nachweisen liessen, die ihrer Herkunft nach nur aus der risseszeitlichen Aare-Brünigmoräne der Würzenegg stammen können und aus dieser verschleppt worden sind.

Innerer Moränenwall: Er beginnt beim Ferienheim Luzern, verläuft geradlinig nach W hinab zum Rümliig, dessen heutiges Bett da liegt, wo wir das spitzige Ende der Gletscherzunge anzunehmen haben. Südlich des Baches setzt die Stirnmoräne wieder ein bei P. 981 und zieht sich dann gegen SE, gegen P. 990. Die Senke von Maienstoss (P. 965) entspricht dem Auslauf einer südlichen, kleineren Eiszunge, dies beweisen die jungen Aufschüttungen in der Senke W Maienstoss, gegen den Bannwald zu. Südlich Maienstoss wird der Moränengürtel dann abgeschlossen durch den deutlichen Wall, der von P. 999 ostwärts zu P. 1022 ansteigt. Dieser innere Wall dürfte dem Bühl-Stadium entsprechen.

Nach dem Rückzug des Gletschers entstand im Eigenthal ein See, der aber bald durch den Rümliigbach zugeschüttet wurde; in die junge Anschwemmungsfläche, auf welcher sich Hochmoore entwickelten, haben sich der Rümliig und seine Seitenbäche in neuerer Zeit wieder etwas eingeschnitten, so dass die auf der Karte angegebenen, kleinen Terrassenränder entstanden sind.

Auch aus den gegen SW an das Eigenthal anschliessenden, kleinen Seitentälern vom Nordhang des Pilatus sind Moränen gegen N zu abgelagert worden. Das Nordende eines dieser Wälle reicht bei «Wassermoos» gerade noch in das Kartengebiet. Soweit die Ausführungen von BUXTORF.

Die Ausscheidung der Moränen auf dem Atlasblatt zeigt wesentliche Unterschiede gegenüber der Darstellung von E. BAUMBERGER auf der «Geologischen Vierwaldstätterseekarte».

Dieser Autor deutete die Moränen zwischen Horwerhohwald und Langenwasen (SSW bzw. SW Kriens) und diejenigen des Hanges oberhalb Hergiswil als Lokalmoränen der Pilatusgletscher, eine Deutung, die sowohl nach Lage und Form der Moränenwälle, als auch auf Grund der Verbreitung einzelner kristalliner Erratika des Aare-Brüniggletschers nicht zutrifft. Der mächtige Wall Schwandenegg-Krienseregg kann nur durch einen grossen Gletscher, eben den Aare-Brüniggletscher, gebildet worden sein.

### **Drumlins und Felsrundhöcker**

**Drumlins**, stromlinienförmige, längliche Hügel, durch die akkumulierende und erodierende Tätigkeit des Gletschereises subglazial entstanden, treffen wir namentlich in der Umgebung von Neuenkirch; sie sind zeitlich zwischen Sursee- und Riffig-Stadium entstanden. Es lassen sich 15 Drumlins feststellen, unter denen besonders die Drumlingruppe von Sitenmoos-Lohn (SE Neukirch) hervortritt.

**Rundhöcker** im Molassegestein kennzeichnen das Gelände zwischen Hellbühl und Rothenburg bei Stritholz, Schürmättli, Innerrein und Schlag, ferner bei Ottenrüti und Löchenrain NE Rothenburg. Geländeformen, die an Rundhöcker erinnern, trifft man auch S Tribschen (SE Luzern) und an manchen Stellen der Horwer Halbinsel.

### **Deltaschotter in Gletscherstauseen**

Am Ende der Würmeiszeit wurden die Täler der Kleinen Emme und des Kriensbaches durch den Engelberggletscher abgedämmt, so dass sich in diesen Tälern Stauseen bildeten: der Littauer und der Krienser Stausee.

Für den Littauer Stausee ergibt sich aus der Grenze zwischen Deltaschotter und Überguss-Schichten in der Kiesgrube Gasshof S Littau, eine Seespiegelhöhe von 540 m. Der Stausee hatte eine Länge von ca. 12 km und erfüllte das Tal der Kl. Emme bis hinauf nach Werthenstein. Seine Breite betrug in der Gegend von Blatten (zwischen Littau und Malter) ca. 2 km. Der den Stausee gegen das Blattenmoos abdämmende Zungenmoränenwall von Matthof (E Littau) ist noch sehr gut erhalten.

Später erfolgte eine Absenkung des Littauersees durch Erniedrigung der Eisbarriere auf 470 m. Diesem Seestand entspricht das 1 km breite Schotterplateau N Ruopigen (NE Littau). Die sukzessive Niveauabsenkung des Sees und schliessliche Durch-

brechung der Eisbarriere kommt in der Durchschneidung der Schuttkegel und der Anlage neuer kleinerer Schuttkegel in etwas tieferem Niveau sehr deutlich zum Ausdruck.

Der Krienser-Stausee hatte bei seinem Maximalstand eine Ausdehnung von ca. 3 km<sup>2</sup>. Die ursprüngliche Seehöhe von 560 m wird markiert durch ein isoliertes terrassenförmiges Schottervorkommen an der Sonnenbergstrasse NW Kriens (N des Wortes «Maschinen»). Der See reichte vom Schloss Schauensee (SSE Kriens) gegen W zu bis in die Renggbachschlucht, wo er über einen Wasserfall in den Littauersee abfloss. Wie am Littauersee erfolgte eine Erniedrigung des Seenniveaus durch Abschmelzung der Eisbarriere. Zum neuen, tieferen Seestand von 510 m gehören die Deltaschotter des Kirchhügels von Kriens.

Auch im Reusstal, 1,5 km unterhalb Luzern, deutet ein Vorkommen von Deltaschottern auf der rechten Talseite beim Lochhof und Friedenthal und auf der linken Seite bei der Fluhmühle, N Stollberg auf das Vorhandensein eines kleineren Stausees, des Lochhofsees. Die Entstehung dieses vor dem Durchbruch der Reuss ins Tal der Kl. Emme gebildeten Stausees ist vermutlich auf Toteis zurückzuführen.

Wahrscheinlich blieb beim Abschmelzen der Reussgletscherzunge im Rothseetal eine grössere Toteismasse liegen, welche das Wasser staute, so dass es zur Bildung des erwähnten kleinen Stausees kam, der grösstenteils durch Schotter aufgefüllt wurde. Allmählich durchsägte die Reuss den nördlich vorgelagerten Nagelfluhriegel der obern Süsswassermolasse und räumte einen Teil der Schotter wieder aus.

In den Gletscherstauseen der Umgebung von Luzern sind von den Schmelzwässern mächtige Deltaschotter abgelagert worden. Beim Höchststand des Littauersees entstanden – wie erwähnt – die Schotterplateaus von Littau-Rengg und Ruopigen, welche in 8 Kiesgruben ausgebeutet werden. Die wechsellagernden Sand- und Kieslagen dieser Gruben fallen mit 10–30° vom Hang weg nach W oder NW ein, was darauf hinweist, dass die Schmelzwässer dem Sonnenberghang entlang als Flankenentwässerung in den See geströmt sind. Das Vorhandensein von gewaschenem Sand und Kies beweist, dass die Ablagerung in ein stehendes Gewässer stattfand. Auf dem Plateau von Littau kann man mehrere Plateauflächen erkennen, welche sukzessive absinkende Seestände markieren.

Unter dem ausgedehnten jüngeren Schotterplateau nördlich Ruopigen liegt – nach den Rutschungen an den Plateaurändern zu schliessen – unter dem Schotter eine Tonlage. Leider sind keine guten Aufschlüsse vorhanden, die einen Einblick in die Natur dieser Schotter gestatten würden. Sondierbohrungen im Eisen-

bahntunnel unter Ruopigen (Zimmeregg tunnel) zeigten vom Westportal an auf einer 170 m langen Strecke Sand und Letten und auf weiteren 140 m «Sand mit grossen Kieselsteinen» bis man dann gegen E zu Molassefels antraf. Die Littauschotter setzen sich vorwiegend aus kalkigem Material zusammen. In der Grube Rengg (2 km SW Littau) ist ziemlich viel Molassematerial beigemischt.

Die Schottergruben in den Deltaschottern des Kriensersees sind heute alle aufgelassen. Man findet in der Umgebung von Kriens Deltaschotter bei Dörfli (1,7 km W Kriens) und von da gegen E und SE am Hang Brunnhof-Hackenrain-Studenhof und vom Kirchhügel südwärts gegen Thalacker. Am Südhang des Sonnenbergs ist ein isoliertes Vorkommen NW der Maschinenfabrik Bell erhalten geblieben. Die Schotter und Sande fallen mit 10–20° nach NW bis SW ein. Sie bestehen vorwiegend aus alpinen Kalken.

Nach O. FREY (1907) kam am Boden der Grube Brunnhof E Dörfli horizontal geschichteter Sand zum Vorschein der von Schlemmsand mit Lehm und Geschieben unterlagert war; ähnliche Verhältnisse konnte er am Sonnenberghang feststellen.

Das Deltaschottervorkommen von Friedenthal-Lochhof – NW Luzern – ist teils durch einen von der Reuss nach dem Rothsee erstellten Wassertunnel, teils durch Baugruben beim Lochhof aufgeschlossen worden. Die Deltaschichten von Sand und Kies fallen mit 10–20° nach N oder NW ein.

#### 948 **Fluvioglaziale Schotter**

Im Ronthal, unterhalb des Rothsees, finden sich zwischen Ebikon und Buchrain und bei Längebold, NNE Dierikon, flache Hügel, welche etwas über die Alluvialebene hinausragen. Sie bestehen aus kiesigem Material und stellen Flußschotter dar, die unweit des Gletscherendes abgelagert wurden. Ein kleines, lokales Vorkommen derartiger Schotter befindet sich auch bei Felmis, 1 km ENE Horw; es ist in einer kleinen Kiesgrube aufgeschlossen.

#### **Alluviallehm**

Etwa 1,5 km W Kriens wurde auf dem Schotterplateau S Langmatt früher Lehm ausgebeutet. Es handelt sich um Ablagematerial von Gletscherschmelzbächen und wohl auch von Bächen aus dem Glazialgebiet von Langenwasen (2,3 km SW ob Kriens).

Ein bedeutendes Vorkommen von Alluviallehm findet sich sodann in der alten, tiefen Rinne der Kl. Emme SW Thorenberg (NW Littau), welche durch zwei 35 m, bzw. 20 m tiefe Grundwasserbohrungen am rechten Ufer der Kl. Emme erschlossen worden ist. Die tiefere Bohrung am Ufer der Kl. Emme, NW Rengg,

zeigte von 12,40 m bis 23,60 m, von 24,80 bis 27,40 m und bei 35,20 m «schwarzen Lehm». Die Zwischenschichten bestanden aus Schliesand; die weniger tiefe Bohrung, NNE Rengg, durchstieß von 11,35 bis 13,80 m schwarzen Lehm und blieb bis 20 m in hellfarbigem Lehm. Diese Lehmablagerungen sind offensichtlich Absätze aus der Flusstrübe der Gletscherschmelzwässer, welche in den Littauersee mündeten. Sie liegen unter jungem Flussskies der Kl. Emme. Diese Glazialtone sprechen sehr für das Vorhandensein eines Stausees in diesem Tal, ist doch eine derart mächtige Tonablagerung auf der Sohle eines Wildwassers, wie es die Kl. Emme ist, als fluviatile Ablagerung kaum denkbar.

### **Erratische Blöcke**

Im Kartengebiet waren erratische Blöcke ursprünglich in grosser Zahl vorhanden. Mit dem Aufkommen der Sprengmittel sind indessen fast alle grösseren Blöcke zerstört oder zu Bauzwecken verwendet worden. Beim Bau der Gotthardbahn haben viele Granitfindlinge aus dem Gebiet von Meggen Verwendung gefunden. Ein Vergleich der «Geologischen Vierwaldstätterseekarte» und unseres Atlasblattes zeigt, dass seit den Aufnahmen von E. BAUMBERGER zahlreiche Blöcke verschwunden sind. Relativ reich an erratischen Blöcken sind noch folgende Gebiete: Meggenwald (N Meggen), rechte Seite des Götzentales (SE Dierikon), der Wald oberhalb Krummen (NE-Ecke der Karte), Zimmereggwald (NE Littau), Birreggwald (NE Horw), Gigenwald S Bruchmatt, die Bachtobel W Horw und S Kriens, Horwer Hohwald (SW Horw), Stösswald (ENE Eigenthal), Würzenegg (N Eigenthal), Fischerenbachgebiet (SW Renggloch) und die Umgebung von Gspan (2 km ESE Malters), wo freilich viele Granitblöcke zu Marchsteinen verarbeitet worden sind.

Der grösste, ca. 1000 m<sup>3</sup> messende erratische Block, besteht aus Schrattenkalk und findet sich auf dem Südabhang der Würzenegg gegen das Ferienhaus der Stadtschulen von Luzern. Ein gewaltiger, nur teilweise aus der Moräne herausragender Schrattenkalkblock, liegt SW des Säubads, 1,2 km SE Schwarzenberg. Es ist darin ein Steinbruch zur Herstellung von Strassenschotter angelegt worden.

Bei Steinmatt, 1,4 km NW Hellbühl, befand sich in ca. 740 m Höhe ein riesiger Kieselkalkblock, aus dem viele hundert m<sup>3</sup> Strassenschotter gewonnen wurden. Die ehemalige Abbaugrube wird heute von einem kleinen Weiher eingenommen (Koord. 656,9/214,62).

Ein ca. 100 m<sup>3</sup> messender Granitfindling liegt in 1015 m Höhe W der Giebelegg (3,8 km SW Kriens). Der Ochsenstein zwischen

Längacker und Knolligen auf der Horwer Halbinsel (1,1 km SE Horw), ein Granitblock von nahezu 1000 m<sup>3</sup>, wurde im vorigen Jahrhundert gesprengt und zu Quadern für eine Rheinbrücke in Basel verarbeitet.

Im Gebiet des Reussgletschers, insbesondere beidseits des Luzernersees, überwiegen im allgemeinen die Granit- und Gneisfindlinge aus dem Aar- und Gotthardmassiv über die sedimentären Gesteine der Kalkalpen. Im Aare-Brüniggletschergebiet S Kriens sind beide Gesteinsarten ungefähr gleich verbreitet, währenddem in den Wallmoränen des Würmmaximums die alpinen Kalke überwiegen. Das Gebiet Blatterbergwald-Schwarzenberg zeigt ein Vorherrschen der kristallinen Erratiker, die aus dem Haslital stammen.

Im N des Emme- und des Reusstales kommen Findlinge heute nur mehr vereinzelt vor, da fast alle gesprengt oder zu Bauzwecken verwendet worden sind.

Am seltensten sind erratische Blöcke aus Serpentin. Ein Block wurde im Gerbebach NW Rothenburg, einer bei Hohlenweg SE Ebikon und ein dritter SW des Schürfhofs (3,5 km SW Littau) gefunden.

Im Kartengebiet sind von der Naturschutzkommission der Naturforschenden Gesellschaft Luzern 15 erratische Blöcke geschützt worden. Es sind dies:

- Granit, Rankstrasse im Maihofquartier Luzern
- Granit, Schulhausgarten des Maihofschulhauses Luzern
- 2 Granite, Hinterrain S Tribschen, Luzern
- Granit, Seeacker S Kastanienbaum, Horw
- Kieselkalk, Ägerterstein, Rank, Horw
- Kieselkalk, Seeacker, Horw
- Schrattenkalk, im Tobel Haldenweid, SW Emmenweid, Emmen
- Kieselkalk, im Tobel W Matthöfli NW Thorenberg, Littau
- Schrattenkalk über 100 m<sup>3</sup>, Mühlerain an der Sonnenbergstrasse ob Kriens
- Granit, Kirchenwald S Stöcken, Adligenswil
- Kieselkalk, Rothenburgerwald NE Rothenburg
- Granit, Sitenwald SE Malters in 860 m Höhe
- Quarzsandstein, Sitenwald, Malters in 845 m Höhe

#### **Der Gletschergarten in Luzern** (Koord. 666.3/212,45).

Im Jahre 1872 stiess man NW des Löwendenkmals bei der Aushebung von Baugruben in der Grundmoräne auf Gletschertöpfe im Luzerner Sandstein. Auf Anregung von ALB. HEIM wurde vom Besitzer Amrein-Troller das Gelände abgedeckt, wobei 32 Strudellöcher zum Vorschein kamen. So entstand der heutige Gletscher-

garten, der auf einem Areal von 5000 m<sup>2</sup> ausgezeichnet geschrammte Felsflächen mit zahlreichen geschrammten Blöcken aufweist. Die Gruppe von Strudellöchern findet sich an der Stelle, wo das Seitental der heutigen Zürichstrasse abzweigt und Schmelzwässer durch Eisspalten auf den Felsuntergrund stürzten. Das grösste Strudeloch hat 9<sup>1</sup>/<sub>2</sub> m Tiefe und 8 m Durchmesser. Es ist spiralig gewunden und alpenwärts unterhöhlt, was auf die schnellere Eisbewegung im oberen Gletscherteil zurückzuführen ist. Die Töpfe sind am Grunde mit gerundeten Mahlsteinen und Kies aufgefüllt, durch deren Rotieren die Vertiefung des Strudeloches zustande kam. Die Bildung der Gletschertöpfe erfolgte sehr wahrscheinlich am Ende der Würmeiszeit, als die Eisdecke des Reussgletschers bei Luzern unter 100 m betrug.

Für nähere Angaben sei auf die Publikation von FR. J. RÖSLI: «Der Gletschergarten von Luzern» 1957, Kommissionsverlag Eugen Haag, Luzern, verwiesen.

Ausserhalb des Gletschergartens sind mit Rollsteinen und Lehm ausgefüllte Strudellöcher noch an folgenden 3 Stellen des Luzerner Stadtgebietes festgestellt worden: bei Fundationsarbeiten im nördlichen Anbau des Panoramas der Bourbakiarmer, in der Baugrube des Auto-Parkhauses an der untern Zürichstrasse und auf dem «Bergli» zwischen den beiden Bahntunneln. Alle Töpfe enthielten inneralpine Gesteine wie Gotthardgranit, Malm- und Schratzenkalke, Nummulitenkalke usw., welche bedeutend härter sind als der Luzerner Sandstein.

## b. Alluvium

### Talböden und Bachschuttkegel

Talböden grösserer Ausdehnung finden sich in den Tälern der Kl. Emme und der Reuss, die durch den Molassesporn von Rothenwald und die Stauschotteraufschüttung N Ruopigen voneinander getrennt sind. Auch der Krienbach hat sowohl gegen Horw, als namentlich auch gegen den Südteil von Luzern (= Luzern-Klein-  
stadt) Alluvialebenen aufgeschüttet. Im Ronthal – unterhalb des Rothsees – erstreckt sich eine durch Molassehügel unterbrochene Ebene von Ebikon gegen NE bis über das Kartengebiet hinaus. Kleinere Talböden finden sich ferner im obersten Würzenbachtal, bei Adligenswil, im Eigenthal, im Ziswilermoos WSW Hellbühl und in der Talsohle des Sellenbodenbachs im S, E und NE von Neuenkirch.

Den Molassehängen entlang zeigen die jungen Schotter der Kl. Emme und der Reuss eine geringe Überdeckung mit **Alluvial- oder Überschwemmungslehm**. Grosse Ausdehnung zeigt ein solches

Vorkommen im Mündungsgebiet des Rothbaches NW und N Emmen. Auf der lehmigen Überdeckung des Nidfeldes zwischen Kriens und Horw sind durch Fundationsarbeiten junge Kiesaufschüttungen einer gegen die Horwer Bucht gerichteten Abzweigung des Kriembaches festgestellt worden, besonders' W Waldegg.

Die grosse Bedeutung, die der Kriembach für das Stadtgebiet von Luzern besitzt, erfordert eine nähere Beschreibung der hier vorliegenden Verhältnisse. Wie die Karte zeigt, liegt sein Haupteinzugsgebiet ca. 3–4 km im SW von Kriens in den Moränengebieten von Stösswald-Krienser Hochwald. Der Bach fliesst zunächst gegen N; sein Bett liegt teils in aquitaner Molasse, teils eingeschnitten in seinen früher abgelagerten Schuttkegeln. E von Blättig (660,9/209,3) richtete sich der Kriembach früher gegen NE und E, Richtung Kriens und dann – gegen NE und N umbiegend – in das südliche Stadtgebiet von Luzern. Der heute zwischen Kriens und der Einmündung in die Reuss ganz eingedolte Kriembach ist auf der Karte mit kurzen dunkelblauen Strichen angegeben.

Wie die Karte zeigt, erhält der Kriembach Zufluss von zahlreichen kleinen Bächen, die zwischen Oberrodel (661,2/208,65) und Schellenmatt (664,9/208,9) zufließen. Durch Hochwasser des Kriembachs sind bei Kriens und im Stadtgebiet von Luzern S der Reuss (= Kleinstadt) in historischer Zeit mehrere Meter mächtige Geröllaufschüttungen abgelagert worden. Eine lokal ca. 3 m mächtige Aufschüttung ist belegt durch die Aufdeckung alter Strassenbette bei der Jesuitenkirche.

Als historisches Dokument für die Gewalt der Kriembach-Überschwemmungen sei verwiesen auf die 1,6 m über Strassen-niveau an der Polizeihauptwache, Obergrundstrasse 1, angebrachte Wasserstandsmarke des Hochwassers vom 1. Juni 1738 und auf das mit Kriembachschutt aufgefüllte Refektorium des einstigen Franziskanerklosters bei der Kirche St. Maria. Die Überschwemmungen in diesem Stadtteil waren so gewaltig, dass der Rat von Luzern um dessen Fortbestand bangte.

Wegen der Gefährdung, die dieser alte Kriembach für die Stadt Luzern bedeutete, wurde sein Oberlauf durch das sog. Renggloch (661/210) der Kleinen Emme zugeleitet. Die ersten Ausbrucharbeiten an dieser Stelle sollen ins 13. Jahrhundert zurückgehen; in den Jahren 1577 und 1766 wurde der Durchbruch auf Kosten der Stadt erweitert; es sollen ca. 1500 m<sup>3</sup> Fels in der Schlucht ausgesprengt worden sein. Durch die Schaffung dieses «Ablaufs» – er ist auf unserer Karte als «Renggloch» bezeichnet – hat die ständige Gefährdung der Stadt Luzern durch den Kriembach ein Ende gefunden.

Die starke Schuttführung des Krienbaches ist nicht nur belegt durch die Alluvialebene und die Schuttkegel von Kriens und Obernau (2 km W Kriens), sondern auch durch die junge Anschüttung des Renggbaches gegen die Kleine Emme zu (siehe Karte).

Einen grossen Schuttkegel hat SW von Horw der Steinbach aufgeschüttet; er reicht fast bis zum gegenüberliegenden Hang, so dass es zwischen Horw und Waldegg zur Versumpfung und Torfbildung kam.

### **Deltas**

In prähistorischer Zeit hat der oben näher besprochene Krienbach ein Delta in den Luzernersee hinaus geschüttet, das bis auf einen halben km an das Würzenbachdelta heranreichte. Zwischen diesen Deltas strömte die Reuss nach Luzern. Noch im Jahre 1507 berichtete PETERMANN ETTERLIN (siehe J. KOPP, 1938), dass die Reuss zwischen Feldern und Matten gegen Luzern floss. Auf unserer Karte ist dieser frühere Zustand etwas schematisiert dargestellt durch senkrechte Linien als «Älteres postglaziales Inundationsgebiet».

«Als nun die Stadt Luzern mit Gebäuden, Mühlen und anderem errichtet wurde, wurde – wie ETTERLIN berichtet – auch die Reuss und der See so viel gestaut, dass man mit grossen Schiffen auf und nieder fahren konnte.» In gleicher Weise äussert sich R. CYSAT (siehe J. KOPP, 1938) so dass es als historisch verbürgte Tatsache zu gelten hat, dass die Reuss damals den Luzernersee viel weiter ostwärts als heute verlassen hat, und dass der grösste Teil des heute ertrunkenen Krienbachdeltas im Tribschenmoos (= Gebiet NW des Vorsprungs von Tribschen) Wald und Wiesen trug.

Nach der Gründung der Stadt Luzern zu Beginn des 13. Jahrhunderts, verlegte man das Bett des Krienbaches im Stadtgebiet gegen W, wodurch er das zum Betrieb der dort errichteten Mühlen notwendige grössere Gefälle erhielt. Aus gewerbetechnischen Gründen wurde auch die Reuss durch Errichtung einer Schwelle gestaut. Bei grossen Überschwemmungen gelangten die Geschiebe des Krienbaches auch in diesen gestauten Teil der Reuss, schütteten ihr Bett immer höher auf, und in der Folge stieg auch der Seespiegel höher an. Durch die Überflutung des auf der Karte durch horizontale Linien als «Jüngerer postglaziales Inundationsgebiet» bezeichneten Deltagebietes erfuhr das Unterende des Luzernersees eine Verlängerung von 1,5 km.

F. J. KAUFMANN (1872) schloss aus Torfschichten, die im Würzenbachgebiet und beim Panorama (Weyquartier) 3–4 m unter dem heutigen Seeniveau gefunden wurden, dass der Seespiegel im

Neolithikum ein mindestens 3 m tieferes Niveau aufgewiesen habe als heute.

MARGITA VON ROCHOW (1957) kommt auf Grund von Pollenuntersuchungen einer 8,20 m messenden Schichtfolge in einer Baugrube am Löwenplatz, welche ca. 20 m unter dem heutigen Seeniveau ein 20 cm mächtiges Torfband enthält, zur Auffassung, dass die Torflage, die wahrscheinlich mit der schon von KAUFMANN beobachteten zusammenhängt, frühestens am Ende der Bronzezeit, vielleicht aber erst gegen Ende der Hallstadtzeit entstanden sei. Der auf dem Torflager liegende sandige Lehm zeigt bereits ein Pollenspektrum, das grossflächigen Ackerbau der Römerzeit oder des frühen Mittelalters andeutet. M. VON ROCHOW folgert auf Grund der autochthonen Entstehung des Torfes auf einen Seespiegelstand in der ausgehenden Bronzezeit oder noch wenig später von mindestens 2 m unter dem heutigen und auf einen entsprechenden nachbronzezeitlichen Seespiegelanstieg. Der von KAUFMANN angenommene prähistorische Seespiegelstand wird dadurch bestätigt und zeitlich präzisiert.

Im Jahre 1585 beklagten sich die Urkantone über die durch die Luzerner Seestauung angerichteten Landschäden. Auf Fliegeraufnahmen tritt denn auch der ca. 1 km<sup>2</sup> grosse überflutete Teil des Krienbachdeltas im NW von Tribtschen deutlich hervor.

Das Würzenbachdelta war vor der Seestauung ebenfalls bedeutend grösser und hing mit dem ca. 1 km westlich liegenden, kleinen Delta des von Drei-Linden kommenden Baches (Schweizerhofmatte) zusammen.

In den Rothsee ist NW Maihof ein kleines Delta vom Bach aus dem Unter Löchli-Gebiet (Koord. 666,3/213,3) geschüttet worden. Durch künstlichen Durchbruch des Nagelfluhrückens ist dieser Bach nun etwas östlich des Deltas dem See zugeleitet (siehe auch S. 52 (Rothsee)).

### **Bergstürze**

Aus der Westseite der Zimmeregge (N Skihütte Mühlemäss, Koord. 662,9/206,2) ist ein Bergsturz gegen Dorschnei ausgebrochen. Das Sturzmaterial besteht aus Kalksandsteinen. Kleinere Felsstürze haben sich aus den Felsen des Steinibachwaldes, 2,5 km SW Horw, und aus den Flanken des Höchbergs (E Eigenthal) losgelöst.

Vom mächtigen Bergsturz des Haltiwaldes – 2 km S Horw – reicht nur der N-Rand ins Kartengebiet hinein. Sein Ausbruchgebiet liegt in den Nagelfluhbänken der Rothenfluh S ausserhalb des Kartengebietes.

## Sackungen

Eine grössere Felsackung im Aquitanien ist – wie A. Buxtorf feststellte – S Furtig bei Schwarzenberg aufgetreten, wobei der Rümliqbach nach S abgedrängt wurde. Auch etwas weiter flussabwärts SW Teufsiten ist granitische Molasse gegen den Rümliqbach abgesackt.

Im obersten Teil des Rutschgebietes von Ammergehrigen NW Malters (siehe unten) ist eine als Ganzes abgesackte Felsbank erkennbar.

Bei Houloch ob Blattig (1 km SSW Renggloch) ist eine aquitanische Sandsteinmasse gegen den Fischerenbach abgesackt. Kleinere Sackungen haben bei Vogelsang (1 km SW Horw) gegen den Steinibach hinab stattgefunden.

## Rutschungen

Im Kartengebiet sind Felsrutschungen, Mergelrutschungen und -schliffe und auch Moränenrutschungen sehr verbreitet.

Der grösste Felsschliff, von Kopp zuerst beobachtet, hat sich in der Oberen Süsswassermolasse oberhalb Ammergehrigen NW Malters entwickelt. Er reicht nur mit seinem östlichen Teil ins Kartengebiet hinein. Durch die 2 km breite Rutschung, die ein Areal von 100 ha umfasst, wurde die Kl. Emme nach S gedrängt. Im Rutschgebiet ragen vereinzelte Nagelfluh- und Sandsteinrippen heraus. Im obersten Teil unterhalb Breithubalden sind junge Bewegungen zu beobachten, welche darauf hindeuten, dass die Bildung von Rutschwülsten immer noch fortschreitet.

In den stampischen Sandsteinen und Mergeln ist ein Felsrutsch aus dem Gredloch NE Dornegg (Koord. 661,7/206,0) ausgebrochen. Sein Ablagerungsgebiet umfasst das Gebiet von Dorschnei und reicht bis hinab in den Krienbach. Ein sekundärer Abrissrand hat sich oberhalb Dorschnei gebildet, unterhalb welchem heute noch Bewegungen im Gange sind. Die Entstehung dieser Rutschung hängt mit der Querverschiebung von Gredloch zusammen, welche eine Zerrüttung des Gesteins zur Folge hatte (siehe «Tekt. Übersicht»). Kleinere Rutschungen haben an der Dornegg W Gredloch stattgefunden.

In den Hängen 2,5 km SW Horw habe sich bei Rötler und imn Schwesternbergwald eine Reihe von Rutschungen in oberstampischen Schichten ereignet. Ein bis vor kurzem aktiver schmaler Rutsch hat sich hier aus der Nische E Buholzerschwendli (664,5/206,15) entwickelt und ist als 30–60 m breiter Strom über 1 km weit bis an den Wiedenbach hinab geflossen. Es handelt sich um die Wiederbelebung eines alten Rutsches, dessen Spitze vor Scheidhalten zum Stillstand gekommen war.

Ein grösserer Rutsch von ca. 15 ha Ausmass ist 2,2 km WSW Horw aus der Felswand SE unter dem Bruderhusenweiher ausgebrochen. Das Ende der Rutschmasse ist in Form einer Böschung oberhalb Kreuel und bei Bodenmatt gut erkennbar. Nach dem Flurnamen «Schlag» (für das Gelände bei P. 679,1) wird dieser Rutsch als Schlagrutsch bezeichnet.

Alle diese Rutschungen stammen – wie bemerkt – hauptsächlich aus den Schichten des oberen Stampien (= Chattien), deren Wechsel von Mergel und Sandstein Rutschbildungen begünstigt.

Überall, wo unteres Stampien, im besondern Grisigermergel, anstehen, sind Mergelschlipfe entstanden. Ein ausgedehntes Schlipfgebiet erstreckt sich im SW von Horw – durch zwei Mergelrippen unterbrochen – von Grisigen bis Schwendli. Die wellige Oberfläche dieser Schlipfmasse zeigt zahlreiche sekundäre Anrisse. Bis in letzter Zeit haben stellenweise Bewegungen stattgefunden. Durch die Nationalstrasse nach Horw ist die Schlipfmasse angeschnitten worden.

Weitere Schlipfe in den Grisigermergeln haben sich unterhalb des Steinibachwaldes (2,2 km SW Horw), an der Zimmeregg gegen Rickettschwendli (4,7 km WSW Horw) und an der Nordseite des Höchbergs (E Eigenthal) entwickelt. Kleinere Schlipfe weist auch das Grisigermergelgebiet auf der Westseite der Horwerhalbinsel N Pilatusblick und bei Hinterrüti auf.

Im Aquitanien hat sich ein Felsrutsch 1 km SSW Schwarzenberg bei Teufsiten ereignet; er reicht bis fast an den Rümli hinab. In den Aquitanschichten treffen wir ferner Rutschungen bei der Höllweid 1,8 km S Kirche Kriens, und unterhalb Hergiswald, bei Ei und bei Houloch oberhalb Blattig (alle ca. 3 km WSW und W Kriens).

Zahlreiche Moränenschlipfe finden sich an den Kämmen und Hängen zwischen Horw und Schwarzenberg. Aus der Nische des Röhrli (3 km WSW Horw) ist an der Schwandegg ein grösserer Moränenrutsch ausgebrochen, dessen Ablagerungsgebiet sich bis an den Steinibach erstreckt. Vom Gelände oberhalb des Bruderhusenweihers bis zur Krienseregg schliessen sich eine Reihe weiterer Rutschungen an. Ein ziemlich ausgedehntes Rutschgebiet ist oberhalb des Grausteinbodens 2 km SSW Kriens vorhanden. Zahlreiche Moränenrutschungen finden sich im Horwerhohwald (S-Rand der Karte), im Grübli, N der Giebelegg, im Rosswald am Rothbach (3,4 km SW Kriens) und im Stösswald (2 km ENE Kurhaus Eigenthal) vor. Ein grosser Rutsch ist aus dem Würzenegg-Osthang bei Neualp ausgebrochen. Unterhalb eines breiten sekundären Abrissrandes in der Rutschmasse haben sich in den letzten Jahren neue Rutschungen entwickelt, die beträchtlichen Schaden anrichteten.

Ein ausgedehntes Rutschgebiet erstreckt sich auf der NW-Seite der Würzenegg (3 km SE Malters); es wird als Hochwäldlirutsch bezeichnet, reicht bis zum Krümmelbach hinunter und beschlägt ein Areal von ca. 0,5 km<sup>2</sup>. Zwei sekundäre Abrissnischen sind oberhalb der Eigenthalstrasse feststellbar. Junge Bewegungen richteten an der Strasse und an der Wasserleitung, welche Quellwasser aus dem oberen Eigenthal nach Luzern führt, Schäden an.

Kleinere Moränenrutsche trifft man bei Gutrüti (2 km WNW Horw), an der Schwandenegg-Nordseite bei Vogel und Siten (SSE Malters), ferner bei Vorder Schlatt NW Schwarzenberg.

Ein ausgedehntes und geologisch interessantes Rutschgebiet findet sich sodann im Bereich der Moränen in der SW-Ecke unseres Kartengebietes; es ist das Rutschgebiet von Schwarzenberg, das von A. Buxtorf detailliert aufgenommen worden ist. Über die Untersuchungsergebnisse teilt A. Buxtorf folgendes mit:

Was zunächst die Verteilung von anstehender Molasse und Würmmoränen betrifft, so ist aus der Karte ersichtlich, dass der Molassehügel (Burdigalien) der Schwandenegg, NE Schwarzenberg, mit steilem Abhang gegen SW absinkt. Spiegelbildlich dazu verhält sich der NE-Kamm des Arnenhubels im SW der Ortschaft. In der Molasse unter dem Dorf muss also eine tiefe Erosionsrinne vorhanden sein. Diese Auffassung wird gestützt durch die Tatsache, dass im Bett des Rümliqbaches – im folgenden kurz als Rümliq bezeichnet – SE von Schwarzenberg nirgends Molasse angeschnitten worden ist. Es ist daher die Schlussfolgerung berechtigt, dass wir es bei Schwarzenberg mit einem alten Rümliqlauf zu tun haben, m. a. W., dass der Rümliq einst vom Eigenthal aus geradlinig gegen NW geflossen ist, entsprechend dem auf unserer Karte angegebenen interglazialen Flusslauf.

Diese Annahme wird vor allem auch durch die Tatsache gestützt, dass der Rümliq SE von Schwarzenberg plötzlich gegen SW abbiegt und in ein neues, schluchtartiges Tal eintritt. Dieses postglaziale, epigenetische Flussbett ist im Aquitanien eingeschnitten, verläuft quer zum alten Flussbett gegen SW zu, wendet sich dann – vgl. das westlich anstossende Siegfriedblatt 201, Werthenstein – auf einer 2,5 km langen Strecke gegen W, biegt dann aber gegen N und NNE um und mündet bei Schachen, nur 2,5 km W Malters, in die Kl. Emme. Besonders der mittlere, bogenförmig verlaufende Teil dieses jungen, ca. 200 m tiefen Erosionstales ist wild, schluchtartig und praktisch unzugänglich; er liegt in den steil südfallenden Sandsteinen des Burdigalien (W-Fortsetzung des Arnenhubels).

Wie die Karte zeigt, ist anzunehmen, dass auch der Giessbach, der S Schwarzenberg gegen W in ein junges, in Aquitanien

ingeschnittenes Erosionstal abbiegt, früher gegen N gerichtet war und sich in der Gegend von Schwarzenberg mit dem alten Rümliig vereinigt hat.

Auch für den Gieselbach, der SSE Schwarzenberg in den Rümliig mündet, ist wohl mit dem Vorhandensein eines alten Bachbettes zu rechnen. Über den Verlauf desselben können aber keine Angaben gemacht werden; nach den Kartierungsbefunden im S anstossenden Gelände könnte der Gieselbach sich schon im Gebiet des Bannwaldes mit dem Rümliig vereinigt haben; auf eine Darstellung eines interglazialen Flusslaufes wurde daher auf der Karte verzichtet.

Dieses alte Talsystem des Rümliigs und seiner Zuflüsse ist während der Würmeiszeit mit Moränen und mit fluviatil verschwemmtem Moränenmaterial aufgefüllt worden. Es entstand eine flächenhafte Aufschüttung, die sich vom Südrand des Kartengebietes (Spechten, Wassermoos und westlich davon) gegen NE bis zum Kotzenmoos (1,5 km E Schwarzenberg) erstreckte und westwärts gegen Schwarzenberg reichte. Später, wohl unter dem Einfluss der im Entstehen begriffenen Ablenkung des Rümliigs gegen SW zu, erfolgte eine leichte Tieferlegung der Aufschüttungsfläche. Reste dieser tiefern Terrassenfläche sind die auf der Karte als q4s bezeichneten «fluvioglazialen Schotter» südlich ob Bemmern (SSE Schwarzenberg), bei Moos (1,1 km ESE des genannten Dorfes), ferner E, NE und N ob Lifelen und S Matt (1,3 km bzw. 0,2 km E Schwarzenberg). Teils erzeugt durch Rutschungen, teils bedingt durch die Erosion des Rümliigs und seiner Zuflüsse (Umgebung von Lifelen) treten die Ränder dieser alten Erosionsterrasse deutlich hervor.

Das nun einsetzende Einschneiden des Rümliigbaches in sein neues, oben beschriebenes Bett – S Schwarzenberg beträgt die Eintiefung des neuen Laufes ca. 80 m – hatte zur Folge, dass in der Moränen- und Schotterauffüllung der alten Täler Rutschungen einsetzten, welche durch das besonders im untern Teil der Auffüllungsmasse vorhandene tonige Material erleichtert wurden. In diesem Sinne spricht die Bezeichnung «Lättacker» für das Gehöft W Bemmern. Nach und nach entstand das ausgedehnte Rutschgebiet, in welchem wir ein oberes, kleines bei Lifelen, und ein unteres, viel grösseres bei Schwarzenberg unterscheiden können.

Unterhalb Lifelen hat der neue, nach NW ausbiegende Rümliig in den Burdigaliensandsteinen des Schwandenegg-Südhangs ein enges Tal eingeschnitten. Die südlich an diesen Molassesporn angelegte Moräne und begleitende Schotter sind nur in den obersten Partien abgetragen worden und bilden – im SE von Deckhaus – den W-Rand des kleinen Beckens. Das Becken selbst, das besonders auf seiner S-Seite alte Rutschungen erkennen lässt, umfasst ca. 7 ha.

Das grosse Rutschgebiet SE Schwarzenberg zeigt deutlich, dass von drei Seiten her Rutschungen gegen das neue Rümli-gbett erfolgt sind:

auf der E-Seite, im Gebiet von Rohren und Hinterrohren, mit mehreren Abrissbändern, besonders N Rohren;

auf der N-Seite im Gebiet von Schlettern und Ober-Heiterbühl;

auf der S-Seite im Umkreis von Bemmern; der E-Teil dieser Rutschungen ist gegen den Gieselbach gerichtet.

Im Rutschgebiet selbst, das etwa 1 km<sup>2</sup> umfasst, sind mehrere Quellaustritte feststellbar, z.T. Kalktuff absetzend.

Soweit die Ausführungen von A. BUXTORF.

### **Torfmoore**

Alle Torfmoore treten in Moränenwannen oder durch Wallmoränen abgedämmten Grundmoränengebieten auf. Es sind zu-meist verlandete Seen; dies gilt vor allem für die Torfmoore im Eighthal, die schon oben (S. 29) besprochen wurden.

Im subalpinen Gebiet liegen mehrere Torfmoore hinter dem Moränenwall Schwandegg-Krienseregg (2,75 km SSW Kriens); südlich davon findet sich ein Hangmoor im Horwerhohwald. Kleine Moore hinter Moränenwällen trifft man N der Giebelegg, ferner 0,6 km W oberhalb Hergiswald und bei Ried (2 km ENE Schwarzenberg).

E Horw findet sich bei Felmis ein durch Moränenabdämmung aus einem verlandeten See entstandenes Moor. Zahlreiche kleinere Moore weist die Gegend zwischen Adligenswil und Meggen auf; das grösste liegt am Oberende des Götzentales (E-Rand der Karte), ein etwas kleineres N der Kantonsstrasse W Vorder Meggen. Unter den Mooren in den Mulden des Meggenwaldes sticht das Fohrenmoos (1 km SE Adligenswil) hervor.

Im Gebiet der Stadt Luzern sind ehemalige Torfmoore bei Schönbühl, auf der Allmend, beim Gopplismoos, beim Friedenthal und beim Absonderungshaus nachgewiesen. Das kleine Torfmoor des Weggebietes (beim Panorama) ist mit Schutt überdeckt, wie auch kleine, durch Bohrungen festgestellte Moorbildungen im Tribschengebiet. Ein junges Torfmoor liegt im Ronthal unterhalb des Rothsees.

Im mittelländischen Teil unseres Kartengebietes finden sich Torfmoore bei Reussbühl (W der Mündung der Kl. Emme in die Reuss), im Spitzmoos und bei Neumatt, 2,5 km NW Littau, ferner im Schwefelmoos (3 km NNW Malters), im Schluchenmoos 3 km N Littau, und N und NE Gerliswil. NE Rothenburg sind zwei Torfmoore bei Thurm zu nennen, ferner je eines bei Löchenrain (N-Rand der Karte) und im Rothenburgerwald (2,5 km NE

Rothenburg). Weitere Moore finden sich WSW und NW Rothenburg: bei Giebel, Rütimoos, im Bertiswilerwald und bei Unter Bürlimoos.

Am E-Abhang des Hombergs sind zwei Moore bei Hunkelen (4,5 km N Malters) zu nennen, abgedämmt gegen E durch einen Moränenwall. Die meisten Moore des Mittellandes sind durch Drainage in Kulturland übergeführt worden.

### **Künstliche Aufschüttungen**

Wie die Karte zeigt, sind im Stadtgebiet Luzern ausgedehnte künstliche Aufschüttungen ausgeführt worden, besonders beiderseits des Luzernersees; auf der SW-Seite im Bahnhof-Tribschengebiet und bei Schönbühl (S Tribschen), auf der NE-Seite im Delta des Würzenbachs beim Strandbad Lido und WNW davon bis zur Badanstalt. Die Quais zwischen Seebrücke und Badanstalt, das Hotel Schweizerhof und das Weyquartier (Umgebung des Hotels Union) liegen auf künstlichen Aufschüttungen. Beim Maihofschulhaus (E des Namens Rosenberg), bei der St. Karlibrücke und N des Nöllitürms wurde Aushubmaterial von Tunnelbauten aufgeschüttet. Auch die Steinbrüche im Luzernersandstein im Stadtgebiet S der Reuss, am N- und NW-Fuss des Gütsch, haben Material zu Aufschüttungen geliefert. Zwischen Friedenthal und dem Rothsee, sowie in der Kiesgrube Gasshof S Littau und in den Torfweihern W Emmenbrücke wurde Kehrlicht abgelagert. Eine grössere Aufschüttung ist bei Altsagen (1 km S Horw) erfolgt. Die Deponien im Renggloch (3 km W Kriens) und bei Vogelsang (1 km SW Littau) stammen von der Kohlenausbeutung im Sonnenberg.

### **Terrassenbildungen**

Der von Kriens nach Luzern fliessende, heute unterhalb Kriens ganz eingedolte Krienbach hat sich in seinem Lauf an mehreren Stellen kräftig eingeschnitten, was zur Bildung von Terrassen führte. In seinem Oberlauf hat er sich W Dorschnei (3,5 km S Renggloch) auf beiden Seiten in die Molasserutschhänge und in die Moräne eingefressen, so dass deutliche Terrassen entstanden sind. S Stalden (2 km S Renggloch) wird das heutige Krienbachbett von einem alten Schuttkegel begleitet, der eine 10–15 m hohe Terrasse bildet. Bei der Hergiswallerbrücke S Stalden sind höherer und tieferer Schuttkegel durch einen ca. 5 m hohen Terrassenrand getrennt. N Oberrau Dörfli, 2 km W Kriens, hat der Krienbach seinen Schuttkegel von W gegen E angeschnitten, wodurch S der Landstrasse eine Terrasse entstanden ist. Durch Terrassen gekennzeichnete Krienbacheintiefungen sind auch zwischen Kriens und Luzern feststellbar.

E Malters bis zur Brücke über den Renggbach haben einerseits die von S her zuströmenden Bäche und andererseits die Kl. Emme die alten, in den Littauer Stausee geschütteten Schuttkegel angeschnitten, so dass es zur Bildung von Terrassen kam. Bei der Kirche Blatten (3,2 km E Malters) wurden alte Wuhrköpfe gefunden, die bezeugen, dass das Bett der Kl. Emme in früherer Zeit viel weiter S den Schuttkegeln entlang verlief.

Die landschaftlich sehr schön hervortretenden Terrassenbildungen im Gebiet des Rümliqbaches bei Lifelen und Schwarzenberg sind schon oben im Abschnitt «Rutschungen» (S. 42/43) besprochen worden; es sei auf diese Ausführungen verwiesen.

### e) Eiszeitliche, prähistorische und historische Flussverlegungen

Durch die eiszeitlichen Moränen- und Schotterablagerungen sind manche Flüsse und Bäche gezwungen worden, ihren Lauf zu ändern, weil die alten Talrinnen aufgefüllt wurden. Die Reuss floss einmal über Küsnacht in den Zugersee (siehe «Tekt. Übersicht»), die Kl. Emme von Wolhusen nach NW, nach Willisau (KOPP, 1962). Die meisten Flussverlegungen sind nach der Würmeiszeit erfolgt. Vor der Ablagerung der Friedenthalschotter strömte die Reuss durchs Rothseetal, dessen Breite einem viel bedeutenderen Gewässer entspricht als es heute die Ron ist. Im Tal zwischen Malters und Inwil hat die Kl. Emme vor der Würmeiszeit ihren Lauf von Thorenberg direkt gegen Emmen genommen. Durch die Ablagerung der Schotter von Ruopigen wurde sie dann gezwungen, nordwärts eine neue Rinne zu suchen, und es kam zur Bildung des merkwürdigen Knies von Emmenweid. Der Grundwasserstrom der tiefsten Rinne (35 + × m tief) folgt noch heute dem alten Tallauf der Kl. Emme.

Dass auch für den Rümli eine Verlegung des Flussbettes angenommen werden muss, ist schon oben (S. 42) näher behandelt worden.

Die Erschliessung einer starken Grundwasserströmung bei Vogel, 1,5 km SSE ob Malters, spricht für das Vorhandensein eines alten Krümmelbachlaufes. Bevor die Wallmoräne von Scharmoos abgelagert wurde, floss dieser Bach der Nordseite der Schwandenegg entlang über Vogel und dann Richtung Boden. Der Wall von Scharmoos zwang ihn – unter Durchbrechung der Zungenmoräne von Vorder Kotzigen – den Lauf gegen Lifelen zu nehmen. Das junge Bett des Krümmelbachs oberhalb Lifelen ist mit der oben beschriebenen Verlegung des Rümliqs entstanden.

Das Fehlen von Molasseaufschlüssen im untern Teil des Rothbaches S Oberschwendi (3,2 km SW Kriens) und zwischen Hinterschwendi und Brunhöfe (2,4 km WSW Kriens) lässt darauf schliessen, dass der Krienbach vor der Würmeiszeit mehr ostwärts verlief. Der kleine Talboden über dem Strassenknie im Renggloch gehört wohl ebenfalls einem vorwürmeiszeitlichen Krienbach an.

Der Rothbach (Name bei 662,1/207,35) ist in seinem Oberlauf wahrscheinlich durch die Moränenwälle der Krienseregg aus seinem früher mehr nordwärts gerichteten Lauf gegen W, gegen den Krienbach zu abgelenkt worden.

Die Entwässerung des Gebietes von Felmis (1 km E Horw) erfolgte früher wohl direkt gegen W zu, ist dann aber durch die Wallmoräne von Untermatt gegen NW abgelenkt worden.

Nacheiszeitliche Bachverlegungen sind auch im Würzenbach- und Mühlebachgebiet, E Luzern, erfolgt. Nach der Aufschüttung der kleinen Wallmoräne bei Sagenhof (ca. 1 km E Adligenswil) schuf sich der Würzenbach S davon ein neues Bett. Auch die Wallmoränen S unterhalb Hinter Buggenacker (1 km SSW Adligenswil) zwangen zu Bachverlegungen, diesmal in nördlicher Richtung. Durch den Moränenwall von Widspühl NW Adligenswil wurde der Oberlauf des Mühlebachs abgeschnitten, so dass nun die Entwässerung des Beckens von Adligenswil gegen S in den Würzenbach geschieht. Bei Stuben (1,2 km SE Ebikon) hat sich der Mühlebach durch einen Sandsteinrücken ein neues Bett geschaffen weil sein altes durch Moräne aufgefüllt worden war.

Durch den Doppelwall von Ziswil (ca. 3,7 km NNW Malters) wurde der oberste Teil des nach W, nach Ruswil gerichteten Bilbachtals abgetrennt; es entstand das Ziswilermoosgebiet, dessen Entwässerung nun nach E zum Rothenburger Rothbach erfolgt.

In prähistorischer oder frühhistorischer Zeit sind eine ganze Reihe von Bachverlegungen erfolgt, vor allem in der Umgebung von Kriens. Der bei Ober-Geissrüti (1,7 km WSW Kriens) nach NW vorbeifliessende Schlossbach floss früher – nach einer alten Rinne zu schliessen – gegen NE, gegen Gänsacker. Auch das Bachbett bei Senti – NW Gänsacker – ist wohl ein alter Lauf des Schlossbaches. Der E Weid (662,65/209,05) verlaufende Kohlgrabenbach floss früher zum Studenhof NE Weid (früherer Verlauf der Bachrinne blau punktiert). Der Langrütibach W Langrüti (1 km SW Kirche Kriens) vereinigte sich bei Studenhof mit diesem alten Lauf des Kohlgrabenbaches. Alte Bachrinnen kann man auch beiderseits der Scheune von Langrüti (S Studenhof) beobachten. Die Strasse zum Schulhaus Kriens und nach Oberhasli (SSW Kirche Kriens) verläuft in einem alten Bachbett des Haslibachs. Der Bach bei Katzenbalg (1,1 km SSW Kirche Kriens) floss früher zwischen

Scheune und Haus. Ein weiteres altes Bachbett ist E Brunnhof, Richtung Haslibach zu erkennen. Nach der alten Karte von Kriens von F. J. SCHÄRER (siehe STIRNIMANN, 1902) mündete der Houelbach (0,75 km WSW Kirche Kriens) früher in den Haslibach, anstatt wie heute in den Kohlgrabenbach.

Mehrere alte Bachrinnen sind zwischen Malters und Blatten, z. B. bei Kaiserstuhl und Rothen, zu erkennen.

Die Kleine Emme zeigte früher ein schlingenreiches Flussbett; nach alten Plänen vom Jahre 1783, im Kantonsarchiv Luzern aufbewahrt, war es möglich, den alten Flusslauf zwischen Malters und Emmenbrücke in unserem Atlasblatt anzugeben. Die Korrektion ist 1781–1783 ausgeführt worden.

Wie aus der Karte des Kantons Luzern vom Jahre 1866 hervorgeht, sind in den letzten 80 Jahren zahlreiche Bäche korrigiert und in ein neues Bett geleitet worden. Die künstlichen Bachverlegungen sind in der Karte berücksichtigt.

Die bedeutendste Bachablenkung in historischer Zeit, die Ablenkung des Krienbaches, resp. des Renggbaches, ist schon oben ausführlich erwähnt worden.

## **d) Morphologie und Talgeschichte der Umgebung von Luzern**

### **Die Molasselandschaft**

Von der Höhe des Pilatus lässt sich ein ausgezeichneter Überblick auf die Oberflächengestalt der Umgebung von Luzern gewinnen. Wir können deutlich zwei Landschaftstypen unterscheiden: Die reich gegliederte Landschaft der subalpinen Molasse und jenseits der Emme-Reusslinie die sanft gewellten Höhenzüge und stellenweise plateauartigen Erhebungen der mittelländischen Molasse. Während in der subalpinen Molasse – mit Ausnahme der Gebiete Horwerhohwald, Krienseregg und Schwarzenberg-Eigenthal – die Erosionslandschaft vorherrscht, halten sich bei der mittelländischen Molasse Erosions- und Akkumulationslandschaft ungefähr die Waage.

Betrachten wir zuerst die Landschaftsformen der subalpinen Molasse. Der Sonnenberg (W Luzern), die Horwer Halbinsel und die Region zwischen der Reuss und dem Küssnachter Arm des Vierwaldstättersees zeigen eine deutliche Abhängigkeit vom Gebirgsbau. Die dominierende Rolle spielen Antiklinal- und Isoklinaltäler. Das Tal des Würzenbachs und das Kriensertal sind Antiklinaltäler. Das Reusstal unterhalb Emmenbrücke und das Rothseetal sind Isoklinaltäler. Einige Quertälchen zwischen Würzenbachtal und

Meggen sind durch Querbrüche bedingt. Mehr oder weniger bedeutende Quertälchen bilden das Götzentälchen SE Dierikon, das Tal von Adligenswil, das Tälchen zwischen Homberg und Drei Linden (2 km NE Luzern) und das S-N gerichtete Talstück der Zürichstrasse im NE-Teil von Luzern. W der Reuss ist nur das Quertälchen des Renggloches zu nennen. Unterhalb Luzern durchschneidet die Reuss die Molassezüge erst schief, dann quer zum Schichtstreichen.

Bei der Ausbildung des feinen Reliefs des hier ins Auge gefassten Gebietes der subalpinen Molasse spielt die Gesteinsbeschaffenheit keine Rolle.

Die subalpine Molasse im Süden des Höhenzuges, der sich vom Sonnenberg gegen WSW zur Schwandenegg hinzieht, zeigt eine viel kompliziertere Oberflächengestaltung als die eben betrachteten Gebiete. In den Molassebergen zwischen Horw und Eigenthal sind die Falten zusammengestaucht und überkippt; ausserdem kommt der Schichtkomplex der überschobenen Molasse zur Geltung.

Die höchsten Erhebungen dieses Gebietes bestehen aus Isoklinalkämmen der aufgeschobenen Gesteinsschichten: Schwendelberggrat (SW Horw), Giebelegg, Dornegg und Höchberg (Eigenthal). Längstälern wechseln mit Quertälern ab. Steinibachtal (SW Horw), unteres Eigenthal (ist auch als Rümliatal S Schwarzenberg erwähnt), Krümmelbachtal (2 km ENE Schwarzenberg), Fischerenbachtal (W Blattig, 3 km W Kriens) sind Längstälern; Haslibachtal (S Kriens) und Krienbachtal sind Quertälern. Für die Entstehung der grossen und weiten, im Norden schroff abgeschnittenen Quertälern Luzernersee und Horwertal bieten weder der Gebirgsbau, noch die Gesteinsbeschaffenheit eine Erklärung; hier spielt offenbar die glaziale Erosion die entscheidende Rolle.

In der mittelländischen Molasse nordwärts der Emme-Reuss-Linie ist eine mehr oder weniger ausgeprägte Schichtstufen- und Terrassenlandschaft vorhanden, bedingt durch den Wechsel von Sandstein- und Mergellagen, im Norden von Malters auch durch das Auftreten von Nagelfluhbänken. Besonders deutlich ist dies oberhalb Emmenweid (2,5 km NNE Littau) zu beobachten; die Sandsteine bilden Stufen, die Mergel Terrassen. Schichtterrassen, deren Neigung ziemlich genau dem Einfallen der Schichten entspricht, treten bei Wolfisbühl (1 km W Emmenweid), bei Ober Bösfeld (2 km NNE Emmenweid) und Huben (2 km NNW Emmenweid) auf. Das Rothbachtal S Rothenburg ist von Stechenrain (3,7 km NW Littau) an ein Isoklinaltal bis etwa 1,5 km ENE Rothenburg; dann wird es bis zur Einmündung in die Reussebene zum Quertal.

Im Gebiet S und W Neuenkirch herrscht, soweit die Molasse ansteht, eine reich gegliederte Erosionslandschaft vor, gekennzeichnet durch tief eingeschnittene kleine Tobel. Sehr deutlich ist

der Einfluss des Gebirgsbaues auf den Verlauf der Bäche im oberen Teil des Hübelibaches (SW Neuenkirch) zu erkennen. Der Hauptbach hat sich quer zum Schichtfallen eingeschnitten, die Nebenbäche verlaufen in Isoklinaltälchen.

### **Die Talbildung**

Im wesentlichen erfolgte die Talbildung in der Molasse in der zweiten Interglazialzeit (Mindel-Riss). Die Haupttäler des Kartengebietes dürften schon zu dieser Zeit angelegt worden sein. In den zwei letzten Eiszeiten wurden die Täler verbreitert und auch ausgetieft. Die ausräumende Wirkung des Gletschers hat sich in den weicheren Schichten der mittelländischen Molasse stärker ausgewirkt als in den zumeist härteren Gesteinen der subalpinen Molasse.

Manche Probleme der Talbildung sind bereits im Abschnitt über Flussverlegungen behandelt worden (siehe S. 45ff.).

Ungelöst bleibt noch das Tiefenproblem der Haupttäler des Kartengebietes. Weder im Tal der Kl. Emme, noch im Reusstal ist der tiefste Talboden, d. h. der Molasseuntergrund der tiefsten Rinne bis jetzt durch eine Bohrung erschlossen worden. Im Rothseetal ist eine Grundwasserbohrung zwischen Ron und Bahnlinie N Weichlen im Jahr 1958 in 24 m Tiefe auf Molasse gestossen. Das Emmental dürfte wohl über 50 m tief sein. Der Abklärung über die Tiefe der Talrinnen in der Umgebung von Luzern ist neben der wissenschaftlichen Bedeutung, auch grosser praktischer Wert beizumessen, speziell für die Versorgung mit Trink- und Gebrauchswasser.

In der Umgebung von Adligenswil im NE von Luzern und im Gütschgebiet W der Stadt sind manche Tälchen zwischen den Sandsteinrippen durch Moräne ausgekleistert. Dies ist auch auf dem Hundsrücken zwischen Reuss- und Ronthal der Fall. Die Quertälchen des Götzentals S Dierikon, von Dorenbach-Ober Löchli und der Zürichstrasse (NE-Teil von Luzern) sind wohl als glaziale Abflussrinnen zu bewerten.

Die Landschaft Reussbühl-Littau trägt ganz den Stempel glazialer Einwirkung. An das wohlerhaltene Zungenmoränenbecken des Blattenmoos E Littau schliesst sich gegen W das Schotterplateau von Littau an, das durch die Gletscherschmelzwässer des Reuss-Engelberggletschers in den Littauer-Stausee gebildet worden ist. Auch das Plateau N Ruopigen, das in der durch Höhenzüge charakterisierten Molasselandschaft auffällt, ist als Schüttung in einen Gletscherstausee ein eiszeitliches Werk, das durch Abdämmung des alten Emmelaufes den engen Durchpass der Kl. Emme beim Knie von Emmenweid zur Folge hatte (KOPP, 1951).

Im Gebiet SE und SW von Malter stehen die sanften, von Wallmoränen unterbrochenen Moränenhänge scharf ab von den

Sandsteinkämmen des Kreuzhubels, der Schwandenegg und des Arnenhubels, aber auch von den steilen Felstobeln in den Nagelfluhbänken des Nordabhanges des Blatterberges. Die Südseite der Schwandenegg zeigt im Gegensatz zu Kreuzhubel und Sonnenberg rundliche Felskuppen, die die Frage aufwerfen, ob hier nicht Gletscherschliffwirkung vorliegt, die vielleicht schon in der Risseiszeit stattgefunden hätte.

Im Gebiet N der Emme-Reusslinie zeigen die Moränenlandschaften des Littauer- und Brunauerberges sanfte wellige Formen, die von kleinen Molassetobeln unterbrochen werden, wo die Moränedecke abgetragen worden ist. In Neuenkirch und Umgebung bereichern die länglichen, auf Grundmoräne aufsitzenden Drumlinhügel den glazialen Formenschatz. Ähnliche Rundhöcker hat der Gletscher aus dem Molassefels N der Strasse Lohren-Hellbühl (S Neuenkirch) herausgeschliffen).

### **Vierwaldstätter- und Rothsee**

Die Entstehung des Vierwaldstättersees als Ganzes ist ein Problem, dessen Behandlung den Rahmen dieser Erläuterungen überschreiten würde. Soweit der Vierwaldstättersee auf unser Atlasblatt entfällt, können wir in bezug auf den Untergrund folgendes feststellen:

Der Luzernersee, der nördliche Teil des Kreuztrichters und des Küssnachersees liegen im Gebiet der gefalteten subalpinen Molasse. Das Schichtpaket der aufgeschobenen Molasse dürfte auf dem Seegrund sich nach NW etwa bis zu einer Linie erstrecken, die vom P. 354 nach NE gegen die Punkte 429 und 427 verläuft, die wohl schon zum unterseeischen Sporn von Hertenstein gehören (siehe auch die «Tekt. Übersicht»). Es wäre möglich, dass zwischen den letztgenannten zwei Punkten ein Querbruch verläuft, analog demjenigen E Hertenstein; darauf deutet die Einsenkung von P. 395 hin. Die durch P. 356 und P. 342 angedeutete Erhöhung könnte der Verlängerung des Nagelfluhsorns des Utohorns am Seeufer (2,5 km ESE Horw) entsprechen. Merkwürdig ist die Zweiteilung des Küssnacher Arms durch die Querrippe SE Schloss Neuhabsburg. Handelt es sich um einen Felsporn oder eine unterseeische Wallmoräne? Vielleicht bildet P. 409 eine Fortsetzung der Nagelfluhrippe der Ruine Altstaad.

Am Ende der letzten Eiszeit hingen Luzernersee und Horwer Bucht wohl noch zusammen und die Birregg war eine Insel.

Die S der aufgeschobenen Molasse durchziehende subalpine Flyschzone (siehe Tekt. Übersicht) kommt auf dem Seegrund nicht zur Geltung; auch nicht die Überschiebung der Bürgenstock-Decke auf den subalpinen Flysch. Das ausgedehnte Moränengebiet, das

dem Bürgenstock gegen NW zu vorgelagert ist, setzt sich – wie schon oben S. 29 angeführt – als unterseeischer Wall gegen NW zu mehr als 1 km weit fort; es handelt sich offenbar um die Mittelmoräne zwischen Reuss- und Aare-Brüniggletscher.

Über die Entstehung des Vierwaldstättersees gehen die Ansichten auseinander. ED. BRÜCKNER (1909) führt sie in erster Linie zurück auf glaziale Erosion, und diese Ansicht wird – speziell für das auf der «Tekt. Übersicht» dargestellte Gebiet – auch von A. BUXTORF (1951) übernommen, wenn er schreibt:

«Am Vierwaldstättersee haben wir die Weitung des ganzen Beckens», im besondern die Ausräumung der Molasse im Gebiet zwischen Hergiswil, Weggis und Luzern wohl im wesentlichen auf glaziale Erosion zurückzuführen.» Dieser Auffassung kann der Schreibende weitgehend beipflichten.

ALBERT HEIM (1919) hat angenommen, dass der vielgestaltige See einem ertrunkenen Talsystem entspreche, das durch ein allgemeines Einsinken des Alpenkörpers unter Wasser gesetzt worden sei. Demgegenüber hat A. BUXTORF in den «Erläuterungen zur geologischen Karte der Rigihochnflukette» (S. 66–68) die Ansicht vertreten, dass – ausser glazialer Erosion – eine Heraushebung des zentralen Alpengebietes, verknüpft mit leichten Einsenkungen der nördlichen und südlichen Randgebiete zur Entstehung der Alpenrandseen geführt habe. KOPP (1945, 1962) und PAVONI (1953) haben dargelegt, dass die von ALB. HEIM behauptete subalpine Randflexur, welche zur Entstehung der Alpenrandseen geführt haben soll, nicht vorhanden ist.

Auf diese Fragen kann an dieser Stelle aber nicht eingetreten werden, weil auf unserem Kartenblatt nur ein kleiner Ausschnitt des Sees zur Darstellung gelangt.

Mit dem Rückzug der eiszeitlichen Gletscher hat die Zuschüttung des Sees durch die grossen und kleinen Gewässer eingesetzt, die in der Umgebung von Luzern schon ziemlich weit fortgeschritten ist. Sie wäre noch weiter reichend, wenn nicht die vom Menschen in prähistorisch-historischer Zeit geschaffene Hebung des Seespiegels durch Landüberflutung die Seearme wieder etwas geweitet hätte, was besonders in den Deltabildungen zum Ausdruck kommt.

Aus der Topographie des Seegrundes, insbesondere zwischen Luzern, Tribtschen und dem Würzenbachdelta kann – wie schon oben, S. 38 bemerkt – angenommen werden, dass vor der Aufstauung zum heutigen Niveau zwei postglaziale Seestände zu unterscheiden sind: ein prähistorischer und ein frühmittelalterlicher. Diese Unterscheidung stützt sich auf die kartierte Auslotung des Luzernersees und namentlich auf Flugaufnahmen der

Seeufergebiete. Auf den Flugbildern kann man mancherorts deutlich zwei verschiedene ertrunkene Seeuferflächen durch die verschiedene Tönung unterscheiden. Der ältere tiefste Seespiegel des Vierwaldstättersees stand ungefähr bei 431 m (alter Wert), der jüngere höhere bei etwa 433–434 m. Leider sind die Tiefenverhältnisse der Luzerner Seebucht seit der Kartenaufnahme im vorigen Jahrhundert nicht mehr vermessen worden, obwohl durch lakustre Bachablagerungen und Seetrüben wie auch durch die Seebaggerungen allerhand Veränderungen stattgefunden haben. Eine Neuaufnahme würde wahrscheinlich eine noch genauere Abgrenzung der früheren Seeniveaux gestatten.

Aus der Einzeichnung der Inundationsgrenzen geht hervor, dass die Insel Altstaad bei Meggenhorn früher mit dem Festland zusammenhing. Die Reussrinne, welche im Seeboden bei Luzern durch die Seegrundvertiefung bei P. 428 angedeutet ist, hatte eine ungefähre Breite von 100 m.

Die Grenze des höheren Inundationsgebietes ist dem Seeufer entlang vielerorts zum Schutze der Schifffahrt mit Stangen oder dünnen Tännchen markiert, was man bei der Fahrt mit dem Motorschiff gut beobachten kann.

Da die Untiefen im ertrunkenen Krienbachdelta E des Bahnhofs Luzern die Schifffahrt behindern, ist ein zwei Schiffsbreiten betragender und ca. 2 m tiefer Kanal ausgebaggert worden. Er verläuft zwischen P. 435 und den Buchstaben «Luze» des Namens Luzernersee.

Die grösste Tiefe (ca. 120 m) hat der Vierwaldstättersee im Kartengebiet im W-Teil des Kreuztrichters 1,1 km S Meggenhorn in einer ca. 5 km langen flachen Mulde, die bis zum früheren Delta der Engelberger-Aa bei Stansstad reicht.

Der Rothsee, ein 2,5 km langes, 16 m tiefes Seebecken ist ein ertrunkenes Talstück einer früheren Reuss, das seine Entstehung einerseits der Abdämmung des Reusslaufes durch das Schotterplateau des Friedenthales, andererseits der Zuschüttung des Ronthales durch die von SE zufließenden Bäche verdankt.

O. FREY (1907) nimmt an, dass zu der Zeit, als eine Reussgletscherzunge bis zu den Häusern von Reussthal (750 m S Emmenbrücke) reichte, im Rothsee-Tal eine Toteismasse lag; dazwischen bildete sich ein lokaler Stausee, in den die Schotter des Friedenthales abgelagert wurden. In der Tat gibt es wohl keine andere befriedigende Erklärung für den Schotterriegel des Friedenthales und die Ausschaltung des Rothseetales als Reusslauf. Es ist kein Zufall, dass gerade jenes Talstück des heutigen Ronthales ertrank, das auch heute keine Zuflüsse von Bedeutung hat und daher nicht der Zuschüttung ausgesetzt war. Die mächtigen, hauptsächlich aus

Glazialschutt zusammengesetzten Schuttkegel des Mühlebachs (SW Ebikon) und der andern, dem Ronthal zufließenden Bäche haben die Talsohle derart erhöht, dass es zu einem Stau und zum Ertrinken des obersten Talstückes kam, d. h. zur Entstehung des Rothsees.

### **Veränderungen des geologischen Landschaftsbildes durch den Menschen**

Durch landwirtschaftliche, gewerbliche, industrielle und verkehrstechnische Eingriffe hat die Landschaft im Gebiete des Kartenblattes manche mehr oder weniger tiefgreifende Veränderung erfahren. Durch Flussverbauungen und Entwässerungen sind die sumpfigen Ebenen im Tal der Kl. Emme, im Ronthal, im Nidfeld zwischen Kriens und Horw, in der Reussebene und in vielen kleinen Tälern und Ebenen trockengelegt worden. Die nassen Grundmoränengebiete sind mit Ausnahme mancher Gebiete in den Pilatusvorbergen durch Melioration in Kulturland überführt worden. Das ehemals sumpfige Tribschengebiet und das des Würzenbachs sind durch künstliche Aufschüttung trockengelegt und in grossen Teilen überbaut worden.

Reuss, Kl. Emme und Ron wurden korrigiert und verbaut; die Begradigung der Kl. Emme führte zu einer bis 2 m betragenden Sohlenerosion im Flussbett. Krienbach und Renggbach und ihre Zuflüsse sind mit gewaltigen Kosten durch zahlreiche Sperren und Leitwerke gebändigt worden. Am Steinibach SW Horw und am Schlosstobelbach SSE Kriens wurden Staumauern und Geschiebesammler errichtet. Der Rümliig hat mit Ausnahme des Teils SE Schwarzenberg seinen Wildwassercharakter beibehalten.

Das Seeufer ist beidseits der Luzernerbucht bis Tribschen<sup>1)</sup> und Würzenbach durch Aufschüttungen begradigt und vielerorts seawärts verlegt worden. Zahlreiche künstliche Aufschüttungen sind an den Ufern der Horwer Halbinsel und im Gebiet von Meggen ausgeführt worden.

Die Wasserkraftnutzung hat in unserem Gebiet noch wenig landschaftliche Eingriffe zur Folge gehabt. Unterhalb Emmen ist die Reuss bei Rathausen und Perlen durch Kanäle zur Kraftgewinnung abgeleitet worden. Die Wildwässer Krienbach und Rümliigbach sind bis heute ungenützt geblieben.

Auf die weitgehende, durch die Stadtgründung von Luzern bedingte Veränderung, d. h. die durch Aufstau bedingte Vergrößerung der Luzerner Seebucht ist schon oben hingewiesen worden.

---

<sup>1)</sup> Der Name Tribschen gilt nicht nur für den Nagelfluhsborn, sondern für das ganze Gebiet zwischen Tribschen und dem Bahnhof Luzern.

### e) Der Baugrund von Luzern

Die Ausführungen über die geologischen Untergrundverhältnisse in Luzern stützen sich auf das Baugrundarchiv der Stadt Luzern, Veröffentlichungen und Mitteilungen von L. BENDEL (1933, 1934) und zahlreiche persönliche Beobachtungen. Mancherlei Aufschlüsse über die Bodenarten von Luzern und Umgebung vermittelt die «Bautechnische Bodenwertkarte von Luzern und Nachbargemeinden», herausgegeben von Stadtgenieur E. MAAG, welche im Stadtgebiet von L. BENDEL und J. KOPP (1951/52) bearbeitet worden ist. Für dieses neuartige Kartenwerk wurden die Resultate von über 300 Sondierbohrungen ausgewertet.

Der Untergrund der Stadt Luzern besteht im nördlichen Teil aus Nagelfluhbänken, Sandsteinen und Mergeln des Helvétien und S davon aus Sandsteinen des Burdigalien (Luzerner-Sandstein). Das Hauptwohngebiet aber liegt auf jungen Delta- und Bachschuttkegeln (Kleinstadt-, Untergrund-, Schweizerhof- und Weygebiet), dessen ebenfalls besiedelte Umrahmung in östlicher, westlicher und südlicher Richtung die Sandsteine und Mergel des Aquitanien (am Geissenstein, W Tribschen, auch Nagelfluhbänke) bilden. Dem See entlang, insbesondere im Bahnhof- und Tribschengebiet, sind ausgedehnte künstliche Aufschüttungen ausgeführt worden; Aushub aus Eisenbahntunneln wurde beim Schulhaus Maihof, im Weyquartier, auf der Schweizerhofmatte und N des Nöllitürms deponiert.

Wertvolle Aufschlüsse über die Lockergesteine unter Luzern geben einerseits die Sondierbohrungen<sup>1)</sup> für die Vierwaldstätterseeeregulierung im Reussgebiet und für die Fundierung der Seebrücke, anderseits die Bohrungen im Tribschen-, Bahnhof- und Sälischulhaus-Gebiet.

Die Bohrungen bei der Seebrücke N vom Bahnhofplatz gegen den Schwanenplatz zeigen bis ungefähr zur Brückenmitte 2–4 m mächtige Sand- und Kiesablagerungen des Krienbachs. Darunter folgt eine Lehmschicht von 2–4 m Dicke, die von der Brückenmitte an gegen den Schwanenplatz Einschlüsse von Blöcken aufweist. Sie wird unterlagert von Schichten von Feinsand und lehmigem Sand, die durch die Bohrungen bis zu 6 m Mächtigkeit aufgeschlossen worden sind. Beim reuss-seitigen Nordende der Seebrücke wurde in 9 m Tiefe Mergel (Aquitanien?) angetroffen.

Die auf der Karte angeführten 8 Bohrungen im Reussbett im Abschnitt von der Reussbrücke bis zur Eisenbahnbrücke der Gotthardlinie zeigten ca. 3 m Kiessand mit grobem Geröll, d. h. Ablagerungen des Krienbachs. Darunter folgt 1–2 m mächtig eine

<sup>1)</sup> Im Gebiet der Stadt Luzern sind die neuen Höhenwerte eingesetzt.

kompakte, wasserundurchlässige Lehmschicht, welche stellenweise Blöcke aus Kreide- und Tertiärgestein enthält. Darunter liegt 2–5 m graugelber Kiessand, zumeist unterlagert von blauem Kiessand, der bei der Reussbrücke eine Mächtigkeit von fast 7 m besitzt. Unter dieser, im mittleren Teil der Bohrstrecke im Reusslauf fehlenden Schicht ist teilweise toniger Schlemmsand mit Schilffresten vorhanden.

In den Bohrungen im Bahnhof- und Tribschengebiet ist unter Lehm-, Sand- und Kieselablagerungen des Krienbachs und der kleinen Bäche vom Geissenstein her ebenfalls eine Lehmschicht vorhanden. Sie enthält stellenweise Lagen oder Linsen von Torf bis in ca. 10 m Tiefe. Dies spricht gegen Moränencharakter dieser Schicht. Falls es sich bei den tiefsten Schichten nicht um angeschwemmten Torf handelt, müsste angenommen werden, dass das Niveau des Vierwaldstättersees nach dem Rückzug des Gletschers 8–10 m unter dem heutigen Seespiegel lag. Dafür spricht auch der Fund einer Torflage in 6,9 m Tiefe unter dem mittleren Seespiegel im Würzenbachdelta, beobachtet von F. J. KAUFMANN (1887). Unter der Lehmschicht liegt eine Lehm-Sandschicht, in der an zwei Stellen Süßwasserschnecken gefunden wurden. Darunter folgt zäher plastischer Lehm, der bis 10 m Mächtigkeit erreicht. Die Basis der diluvialen Ablagerungen ist in keiner Bohrung im Stadtgebiet S der Reuss aufgeschlossen worden. Nach seismischen Untersuchungen von L. BENDEL soll die Molasse in diesem Stadtteil in ca. 30 m Tiefe liegen.

Die Sondierbohrungen beim Sälischulhaus (750 m SW des Bahnhofs) zeigten bis in 18 m Tiefe alles Krienbachablagerungen (Gerölle, Kies, Sand, Feinsand mit Torflinsen) in stark wechselnder Zusammensetzung.

Die Molasse wurde nur bei der Bohrung am Nordende der Reussbrücke erreicht (9 m tief). Die durchschnittlich 12 m tiefen Bohrungen zwischen der Reussbrücke und der SBB-Brücke der Gotthardlinie haben den Fels nicht angetroffen.

Im Großstadtgebiet rechts der Reuss sind beim Eckgebäude Schweizerhofquai-Alpenstrasse (früher Luzernerhof) zwei Sondierbohrungen ausgeführt worden. Unter einer 4–5 m mächtigen Auffüllung traf man Schluff und Sand mit Torf- und Holzspuren an. Von 11 m an bis 21 m wurde Feinsand festgestellt, der demjenigen der Seebrückebohrungen entspricht. Molasse wurde nicht erbohrt.

Auf Grund dieser Bohrergebnisse im Reussbett und in der Kleinstadt können wir 5 Sedimentationszonen unterscheiden:

1. Die Ablagerungen des Krienbachs und der Lokalbäche;
2. Die Lehmschicht mit Blöcken;

3. Die zähe bis plastische Lehmschicht (Kleinstadtgebiet), welcher im Reussbett der grau gelbe Kiessand entspricht;
4. Der blaue Kiessand;
5. Der zum Teil tonige Schlemmsand mit Resten von Schilf.

Unter der Lehmschicht ist gespanntes Grundwasser vorhanden. Im Gebiet Luzern-Kleinstadt und im Reussbett wechsellagern demnach alluviale, glaziallimnische und lakustre Sedimentationsschichten. Alluvial sind die Ablagerungen des Krienbachs und der Lokalbäche, glaziallimnisch sind die Kiessande und als lakuster müssen die Schlemmsandschichten mit Schilffresten und die zähen Lehme betrachtet werden, welche Seeschnellen enthalten.

Die Entstehung dieser Sedimentationsfolge kann folgendermassen gedeutet werden. Nach dem Rückzug des im Kleinstadtgebiet vereinigten Reuss- und Engelbergergletschers in die Luzerner Bucht lagerten die Schmelzwässer, die in den See strömten, Schlemmsand ab. Dann erfolgte ein kleiner Gletschervorstoss, der zu einer Kiesüberschüttung führte (blauer Kiessand). Der grau gelbe Kiessand ist entweder eine Ablagerung der Gletscher oder des Krienbaches. Der Feinsand und zähe Lehm stammt wohl von Gletscherschmelzwässern, welche sich in die Luzernerbucht ergossen.

Die Entstehung der Lehmschicht mit Blöcken bleibt vorläufig unabgeklärt. Da die darunter liegenden Torfschichten nach der pollenanalytischen Untersuchung von W. LÜDI (1938) aus der Abieszeit stammen, also neolithisch sind, kann es sich keinesfalls um Moräne handeln. Vielleicht ist vom Krienbach, als er sich noch in die Horwer Bucht ergoss, vorwiegend Überschwemmungstrübe in das Gebiet von Luzern gelangt, aus der sich die Lehmschicht bildete.

Für die Gewalt der Krienbachüberschwemmungen in historischer Zeit sprechen die 1,6 m über dem Strassenniveau beim Bahnhof liegende Wasserstandsmarke und das mit Krienbachschutt aufgefüllte Refektorium des einstigen Franziskanerklosters bei der Kirche St. Maria.

Da infolge der Strassenerweiterung und Überbauung ein grosser Teil der Niederschläge nicht mehr in den Boden versickert, sondern durch die Kanalisation abgeführt wird, haben sich in den Gebieten der Kleinstadt mit lehmig-torfigem Untergrund starke Bodensetzungen ereignet, welche durch das Absinken des Grundwasserspiegels verursacht sind. Sie treten besonders auffällig bei der Bodenbelastung mit Bauten auf. Eine Säule in der Perronhalle im Bahnhof Luzern ist in 50 Jahren um nicht weniger als 87 cm eingesunken. Auf dem Schuttkegel des vom Geissenstein stammenden Bachs, der sich bis zur Langensandbrücke (Bahnüber-

führung vom Tribschengebiet) erstreckt, liegen infolge des Zurücktretens von torfigem Material und des Vorwiegens von Sandaufschüttung günstigere Baugrundverhältnisse vor, so dass dieses Gebiet weniger von Senkungen betroffen worden ist.

Ein grosser Teil der Bauten der Kleinstadt ist auf Holzpfähle fundiert. In neuerer Zeit werden für Foundationen Betonpfähle gewählt, die sich am Ende zwiebelartig verbreitern; sie werden auf Kiesnester oder auf die zähe Lehmschicht abgesetzt. Das Sinken des Grundwasserspiegels in der Kleinstadt hat dazu geführt, dass viele Häuser, deren Pfahlfundamente im wasserarmen Untergrund abgefault sind, neu unterfangen werden müssen.

Es ergibt sich also, dass die Sondierbohrungen eine vielgestaltige Sedimentation im Boden der Stadt Luzern ergeben haben. Sie ist ein Abbild der wechsellvollen geologischen Geschichte vom Ende der Eiszeit bis in die historische Zeitepoche.

## f) Quellen und Grundwasser

### Quellen

Das Molasse- und Grundmoränengebiet des Mittellandes ist im allgemeinen arm an grösseren Quellen; im Moränengebiet finden sich jedoch viele kleine Quellen; die meisten davon sind gefasst; im Betrieb befindliche Sodbrunnen trifft man nur noch selten an.

Bedeutende Quellerträge liefern die Brunnen aus den verschwemmten Moränen bei Moos und zwischen Brunauerberg und Brunauerboden (2,5 km NE Malters). Grössere Quellen hat die Gemeinde Kriens im Einzugsgebiet des Rothbaches beim Grübli N der Giebelegg (2 km SW Kriens) gefasst. Für die Wasserversorgung des Hotels Sonnenberg NNW Kriens wurden unter der Krienseregg 2,3 km SSW Kriens eine Reihe von Quellen gefasst. Die Gemeinde Malters bezieht ihr Wasser aus der Fassung eines Grundwasserstromes bei Vogel N der Schwandenegg (1,5 km SSE Malters), des ursprünglichen Krümmelbachlaufes, der mit Moräne überdeckt ist. In Mergelschichten des Luzerner Sandsteins wurden auf der W-Seite des Rengglochs Quellen für die Gemeinde Littau gefasst.

### Die alte Wasserversorgung der Stadt Luzern

Die öffentlichen Brunnen der Stadt Luzern wurden im Mittelalter von kleinen Quellen aus der Gegend des Löwendenkmals und aus dem Gütschgebiet (W der Stadt) sowie aus grösseren Quellen im Gebiete von Kriens gespeisen. Der Geschichtsschreiber Cysat erwähnt, dass im Jahre 1481 auf dem Weinmarkt ein Brunnen erstellt worden sei, der das Wasser von Kriens her bezog. Nach einem Protokoll waren im Jahre 1595 bereits 43 Brunnen an die

von Kriens kommende Wasserleitung angeschlossen. Nachdem um die Jahrhundertwende unterhalb des Schulhauses von Kriens weitere Quellen gefasst worden waren, ist in den Jahren 1765–1784 das gesamte Leitungsnetz durch den Geometer F. J. Schärer vermessen worden. Auf dem vorzüglich ausgeführten Plane können wir Quellgebiete erkennen. Der Wägistrom und der Kleinstadtstrom entspringen N Oberrain, 2 km W Kriens, aus dem Schuttkegel des Krienbachs. Zusammen mit einer im Jahre 1901 gefassten Quelle ergeben diese Fassungen – es sind wohl ursprünglich Grundwasseraufstösse – ca. 800 l/Min. Der den Stadtteil N der Reuss versorgende Großstadtstrom wird von 5 Brunnen geliefert, die beim Gute Hackenrain 1,2 km WSW Kriens gefasst sind. Das Wasser stammt aus den Deltaschottern des Gletscherstausees von Kriens. Später wurde an diesen Strom eine grosse Quelle beim Gut Fenkern (W der Kirche Kriens) angeschlossen. Der Großstadtstrom liefert ca. 300 l/Min. Der Herrenbrunnenstrom entsprang aus 5 Brunnenstuben N der Pauluskirche; beim Bahnbau wurden diese Quellen abgegraben und gingen ein.

Die Quellen von Kriens sind im Jahre 1720 durch die Luzerner Naturforscher CARL NIKLAUS LANG und MORITZ ANTON KAPPELER einer für die damalige Zeit sehr gründlichen chemischen Untersuchung unterzogen worden, bei welcher Härtegrad und organische Substanz bestimmt wurden. Die teilweise neu gefassten Krienser Quellen versorgen noch heute die öffentlichen Brunnen der Stadt Luzern.

### **Grundwasser**

Da die Schüttung der Molasse- und Moränenquellen zur Versorgung nicht mehr ausreichen, sind alle grösseren Gemeinden zur Errichtung von Grundwasserpumpenanlagen übergegangen. Das bedeutendste Grundwassergebiet bilden die Schotter des Emme-Reusstales zwischen Malters im W und Perlen am N-Rand der Karte. Die von der Stadt Luzern auf Beratung von ALB. HEIM veranlassten Sondierbohrungen bei Thorenberg W Littau haben ausgezeichnete Auskunft über die Natur der Talausfüllung zwischen Littau und Malters ergeben. Den Anstoss zu einer näheren Überprüfung der Grundwasservorkommen gaben die zahlreichen, heute nicht mehr vorhandenen Grundwasseraufstösse beiderseits der Emme bei Thorenberg, die wohl mit der Talverengung zwischen Littau und Thorenberg in Zusammenhang stehen. Die Sondierbohrungen durchfuhren eine im Mittel etwa 10 m mächtige Ablagerung junger Emmeschotter, die sich als ausgezeichneter Grundwasserträger erwies. Darunter folgte meist die Molasse mit einer Überlagerung von 1–2 m gelbem Lehm. In zwei Bohrungen von

20 m und 35 m Tiefe N des Rengglochschuttkegels stiess man jedoch unter den jungen Schottern auf hellen oder dunklen Lehm mit Schlemmsandlagen ohne die Molasse zu erreichen. In der tiefsten Bohrung folgte unter 12 m Kies eine Schicht dunkeln Lehms von 11 m Mächtigkeit. Im untersten Teil der Bohrung liegt eine Schlemmsandschicht von 7 m Mächtigkeit. Darunter folgen vermutlich wieder Schotter.

Die Lehmschichten mit Schlemmsandzwischenlagen sind glazio-limnische Ablagerungen im Gletscherstausee von Littau, entstanden aus der Trübe der Schmelzwässer.

Die Grundwasserfassungen bei Thorenberg liefern ca. 15000 l/Min. vorzügliches Wasser. Weitere Fassungen industrieller Unternehmungen befinden sich NNW Littau.

Die Gemeinde Emmen bezieht ihr Wasser aus Fassungen 0,5 km NW Emmenmatt (SW Emmen). Eine zweite kürzlich durchgeführte Bohrung im Emmenfeld NE Emmen ergab bei einem Pumpversuch ca. 8000 l/Min; sie ist auf der Karte noch nicht angegeben. Auch eine Fassung im obern Schiltwald liefert erhebliche Wassermengen.

Im untern Schiltwald und seiner Umgebung sowie bei Perlen sind Grundwasseraufstösse vorhanden, welche Quellbäche speisen. Die Aufstösse im Untern Schiltwald befinden sich in einer alten, durch einen Terrassenrand gekennzeichneten Reusschlinge.

Im oberen Teil des Tales der Kl. Emme bezieht die Gemeinde Malters Grundwasser aus einer Bohrung N des Dorfes.

Insgesamt werden heute aus dem Emme-Reusstal täglich wohl annähernd 40000 l/Min. Wasser aus Grundwasserfassungen gepumpt. Die Übernutzung führte stellenweise zu einer spürbaren gegenseitigen Beeinflussung der Brunnen. Beobachtungen bei Thorenberg haben gezeigt, dass die Kl. Emme das Grundwasser speist, wenn das Grundwasserniveau tiefer liegt als der Flusspiegel.

Im Ronthal besteht NE Weichlen (N-Ende des Dorfes Ebikon) eine Grundwasserfassung der Gemeinde Ebikon, an die sich weitere Fassungen talabwärts anschliessen. Eine Grundwasser-sondierbohrung N Weichlen bis in 29 m Tiefe erschloss bedeutende, jedoch eisen- und manganhaltige Grundwassermengen, welche nicht genutzt werden.

Im Kriensertal ergab eine Grundwasserbohrung bei Eichenpes (ca. 1,25 km WNW Kirche Kriens) 500 l/min aus Schotter. Ein Bohrversuch S des Waisenhauses (0,75 km SE Kirche Kriens) wurde in Schotter in 27 m Tiefe vor Erreichung des Grundwassers leider aufgegeben, da eine lokale Verkittung des Schotters bohrtechnische Schwierigkeiten bereitet hat. Eine ungünstig ange-

setzte, 27 m tiefe Bohrung bei Horw traf nicht auf den Grundwasserstrom des Tales.

Die im Reussbett, in Zusammenhang mit Seeregulierungsstudien ausgeführten Bohrungen stiessen – wie schon oben erwähnt – auf einen gespannten Grundwasserstrom, dessen Ergiebigkeit bis jetzt noch nicht geprüft worden ist.

Die Gemeinde Horw hat eine Seewasserfassung im Luzernersee zwischen Kreuzfluh und Krämerstein vorgenommen. Für die Stadt Luzern ist eine Seewasserfassung in der Luzerner Bucht in Ausführung.

## **g) Nutzbare Ablagerungen**

### **Bausteine**

Von den zahlreichen Steinbrüchen im Luzerner Sandstein des Burdigalien in Luzern und Umgebung ist heute nur noch der Steinbruch oberhalb Hinterwies, 1 km ENE Dierikon (NE Ecke der Karte) dauernd im Betrieb. Der Plattensandstein hat seine Bedeutung als Baustein zufolge seiner zu raschen Verwitterbarkeit stark eingebüsst und wird heute vorwiegend zu Renovationen, Natursteinmauern und Gartenarchitektur verwendet.

Die Steinbrüche in der granitischen Molasse des Aquitanien sind heute alle ausser Betrieb. Auch die Steinbrüche in den feinsplattigen stampischen Kalksandsteinen, den sog. Horwerplatten, im Südteil der Horwer Halbinsel bei Pilatusblick und Dickewald werden kaum mehr ausgebeutet.

Im Mittelland sind alle Steinbrüche aufgelassen.

### **Mergel**

Im letzten Jahrhundert wurden an vielen Stellen die Mergel der obern Süsswasser-Molasse, sog. Niet oder Lebern, ausgebeutet und im Herbst zur Bodenverbesserung auf das Land ausgestreut. Vielerorts wäre es angezeigt, diese an Spurenelementen reichen Gesteine wieder zur Bodenauffrischung zu verwenden.

In grossem Ausmass werden 1,7 km SW Horw die Grisiger-Mergel zur Herstellung von Ziegel- und Backsteinen abgebaut.

### **Schotter und Sande**

Deltaschotter des Littauerstausees werden bei Littau in mehreren Gruben zwischen Rengg und Ruopigen in grossen Mengen ausgebeutet. Die Jahresproduktion aus den Littauer Schottern beträgt ca. 120 000 m. Es sind gewaschene Schotter, die stellenweise mächtige Sandlagen enthalten. Die Deltaschottergruben bei Kriens sind heute alle aufgelassen. Die Stauseeschotter stammen von Gletscherschmelzwässern und enthalten vorwiegend Kalk- und Flyschgesteine, kristallines Material findet sich nur untergeordnet vor.

Eine geringe Ausbeutung fand in den schotterreichen verschwemmten Moränen bei Kelsigen, 2,7 km NE Malters, statt.

Junge Flußschotter werden bei Malters und Emmenmatt (N Emmenbrücke) aus der Kl. Emme und bei Perlen aus der Reuss gewonnen.

Kleinere Kiesausbeutungen zur Herstellung von Strassen-schotter finden zeitweise in den Nagelfluhbänken der granitischen Molasse S des Würzenbachtals und in denjenigen der obern Süsswassermolasse am Hang N Malters statt.

An einigen Stellen werden kiesige Wallmoränen in geringem Masse zur Verwendung als Strassenschotter ausgebeutet.

### **Giessereisand und Glassand**

SE Vogelgsang (1 km SW Littau) wurde früher Gehängesand des Sonnenberg als Giessereisand gewonnen. Auch im Moränengebiet am Bürgenstock-NW-Fuss ist am Seeufer unter Weingarten und Hostatt W Station Kehrsiten zu Beginn dieses Jahrhunderts sandige, verschwemmte und geschichtete Moräne als Glassand abgebaut worden.

### **Lehmlager**

Oberhalb Langmatt 1,5 km W Kriens wurde früher Lehm diluvialen Alters zur Ziegelfabrikation ausgebeutet.

### **Seekreide und Quelltuff**

Seekreidevorkommen befinden sich N unterhalb Schurtigen (2,8 km N Malters) und zwischen Sonnenrain und Innerrain (2,7 km SE Neuenkirch). Die Unterlage vieler glazialer Moore wird von Seekreide gebildet.

Quelltuffablagerungen kommen 1,1 km SE Schwarzenberg oberhalb des Gieselbachs und – nördlich davon – im SW und NE von Hinterrohren vor. Quelltuff findet sich ferner bei ca. 920 m N Schwandegg (3 km WSW Horw, 663,4/207,2).

## **h) Bergbau**

### **Molassekohlen**

In der granitischen Molasse finden sich Nester von Glanzkohle im Rappentobel (Südteil des Houelbaches SW Kriens) und im Tobel des Schlundbaches W Horw. Ausbeutung kam aber nicht in Betracht.

In der oberen Meeresmolasse und zwar im Burdigalien, sind auf eine längere Erstreckung zwei Flöze vorhanden. Namentlich im Abschnitt Rengloch-Luzern.

**Das Südflöz** wurde bei Strassenarbeiten beim Schürhof W des Renggbaches beobachtet. Beim Renggloch deutet der Name «Stollen» auf eine alte Kohlenaubeutung. Ein während des zweiten Weltkrieges an dieser Stelle niedergetriebener Versuchsschacht von 14 m Tiefe traf Auffüllmaterial an und musste vor Erreichung des vermuteten Flözes aufgegeben werden. Im südlichen Steinbruch auf der E-Seite des Rengglochs ist das Kohlenflöz im Hangenden (stratigraphisch) von einer mehrere Meter mächtigen Mergelzone begleitet, in welcher eine mehrere dm dicke Sandsteinbank eingeschaltet ist. Zuzufolge dieser Mergelschicht bildet das Südflöz im Gelände eine beiderseits des Rengglochs deutlich erkennbare Einsenkung, die in ENE-Richtung in die merkwürdige Felsrinne der sog. Wolfsschlucht einmündet<sup>1)</sup>. Diese Felschlucht hat eine Länge von ca. 400 m, ist mit Felsschutt aufgefüllt und kann zuzufolge Fehlens eines erodierenden Gewässers nicht als natürliches Gebilde erklärt werden. Ein während des zweiten Weltkrieges erstellter Versuchsschacht traf bis in 16 m Tiefe Auffüllmaterial an und musste dort wegen Wasserzufluss aufgegeben werden. Von der Wolfsschlucht nach E ist das Südflöz an folgenden Stellen angetroffen worden: beim obern und untern Wasserreservoir im Gütschwald, in der Baugrube der «Neue Warenhaus AG» ca. 10 m S des Löwengrabens, unter dem Brücklein des Kapuzinerweges über die Adligenswilerstrasse, bei Utenberg (1,5 km NNW der Mündung des Würzentobels) und im Götzentäl SW Dierikon, wo früher, an heute nicht mehr bekannter Stelle, Pflanzenabdrücke gefunden wurden. Östlich ausserhalb des Kartengebietes ist das Südflöz in einem kleinen Steinbruch an der Strasse nach Michaelskreuz aufgeschlossen.

**Das Nordflöz** dürfte nach nicht näher lokalisierten Kohlenfunden im obersten Blatterbergwald (W Renggloch) vorhanden sein. Spuren beobachtete man unter dem Häuschen Paradies. Ein Kohlenaufschluss befindet sich in 590 m Höhe in einer Runse E des Rengglochs. Das Flöz zieht sich dann unterhalb des Nordgrates des Sonnenbergs bis S Bergweid SSE ob Littau durch. Von dort fehlen oberflächliche Aufschlüsse bis Luzern. Vermutlich entsprechen dem Nordflöz die an der Diebold-Schillingstrasse hinter der Museggmauer und vor dem Felsbergschulhaus aufgedeckten 5–10 cm dicken Kohlenflözchen, welche von ca.  $\frac{1}{2}$  m Mergel begleitet sind.

Zwischen den Stollenausgängen von Renggloch (SW Littau) und dem Stollen von Vogelgsang erscheint das Nordflöz über eine

<sup>1)</sup> Die Felschlucht SW der Kreuzhöhe (P. 779,0 NW Kriens) hiess früher Erzgrube, was auf alten Bergbau deutet. (Ein Hotelier hat eine Umtaufe in die romantisch klingende Bezeichnung Wolfsschlucht vorgenommen.)

grössere Strecke als Doppelflöz mit einer Mergelzwischenlage von über 1 m Mächtigkeit. Im Ostteil der Kohlengrube Vogelgsang gesellt sich zum Mergel noch Süsswasserkalk, der stellenweise bis 1 m Mächtigkeit erreicht. Gegen die Tiefe zu nahm das Kohlenflöz, das eine mittlere Mächtigkeit von 20–30 cm aufwies, ab und war unter 550 m Höhe nur mehr stellenweise ausbeutbar. An einigen Orten erreichte das Flöz ca. 1 m Mächtigkeit. Im Ostteil der Grube war es nur mehr linsenhaft vorhanden, was den Abbau sehr erschwerte.

Bei der Kohle des Nordflöz handelt es sich um das einzige in neuerer Zeit wirtschaftlich ausgebeutete Kohlenvorkommen in der obern Meeresmolasse der Schweiz. Die muschelartig brechende Glanzkohle ist eine Braunkohle. Der mittlere Heizwert des Doppelflözes (Fördergut) beträgt 4–5000 kg/Kal., der Wassergehalt ca. 8%, der Aschengehalt ca. 30%, der Gehalt an fixem Kohlenstoff ca. 30%, der Gehalt an flüchtigen Bestandteilen ca. 30%, der Schwefelgehalt ca. 5%.

**Kohlenbergbau** siehe: «Der Schweizerische Bergbau während des zweiten Weltkrieges», 1947, pp. 119–120.

Das Südflöz wurde zwischen 1830 und 1867 in Luzern hinter der Hofkirche neben der Brücke zum Priesterseminar zeitweise abgebaut.

Das Nordflöz wurde im Jahre 1853 durch einen Querstollen in 717 m Höhe in Ausbeutung genommen. Nach Förderung von 1100 t ging der Betrieb im Jahre 1879 ein. Im ersten Weltkrieg nahm die Firma G. Weinmann, Zürich, den Bergbau wieder auf. Vom mittleren Querschlag in 666 m Höhe oberhalb Vogelgsang wurde nach W eine Grundstrecke erstellt und der Kohlenabbau begonnen. Vom August 1919 bis Oktober 1920 wurden 7800 t Kohle gewonnen. Die Mächtigkeit des Flözes betrug 20–60 cm.

Im zweiten Weltkrieg erteilte der Regierungsrat des Kt. Luzern an die Fuga AG, Luzern und Dr. J. Kopp eine Kohlenausbeutungskonzession. Im Januar 1941 wurde mit der Ausräumung des beim Stollenmund eingestürzten Stollens in 561 m oberhalb Vogelgsang begonnen. Nach Vortrieb dieses Stollens auf das Flöz wurden Schrägaufbrüche durchgeführt und der Kohlenabbau in Angriff genommen. Im Jahre 1942 beteiligten sich die von Moos'schen Eisenwerke AG am Vortrieb einer Grundstrecke vom Rengloch aus. In der Folge wurden bis Ende 1945 Grundstrecken, Aufbrüche und Querschläge in einer Länge von 5135 m erstellt. Die Gesamtabbaufläche betrug 40000 m<sup>2</sup>. Es wurden insgesamt 21000 t Kohle im Wert von 4 Mill. Fr. gefördert. Das Nordflöz ist im Sonnenberggebiet vollständig abgebaut. Vielleicht ist westlich des Rengloches in Notzeiten abbauwürdige Kohle vorhanden.

## **Goldwäscherei**

Schotter und Sande der Kl. Emme führen Waschgold, herührend von zerriebenen goldhaltigen Quarzgeröllen und dem Zement der Nagelfluh des Napfgebietes. In der Emme sind bis erbsengrosse Goldkörner gefunden worden, die durch Niederschlag kolloidaler Goldlösungen an Goldkörnern entstanden sind.

Die Goldwäscherei in Emme und Reuss erreichte ihre Blüte in der ersten Hälfte des 18. Jahrhunderts. Durch die Korrektur der Kl. Emme wurde ihr die Existenzgrundlage entzogen, so dass sie Ende des 19. Jahrhunderts ganz zum Erliegen kam.

Neuere Waschversuche in der Kl. Emme ergaben einen Goldgehalt von 0,1–0,3 g pro m<sup>3</sup> Sand und Kies. Möglicherweise ist in den tiefsten Kieslagen, direkt über dem anstehenden Fels, stellenweise eine grössere Goldkonzentration vorhanden; dies könnte aber nur durch systematische Bohrungen und Versuchsschächte abgeklärt werden.

## **Eisenerzgewinnung**

Im 15. Jahrhundert wurde bei der Menzigerweid NW ob Kriens wahrscheinlich im Aquitanien Eisenerz ausgebeutet und im 17. Jahrhundert auch im Erzloch unterhalb Hergiswald (Lage nicht genau bekannt). Es ist nicht ausgeschlossen, dass der heute verfallene Stollen der Menzigerweid nach der Erzgrube führte und dort Eisenerz gewonnen wurde. Im Jahre 1486 soll ein vom Gemeindegewerk nach der Erzgrube vorgetriebener Stollen eingestürzt sein, wobei 60 Arbeiter umgekommen sein sollen (WALTER H., 1923/25).

Über die Art dieses Erzvorkommens in der granitischen Molasse stehen uns keine Unterlagen zur Verfügung. Vielleicht handelt es sich um Konkretionen in den eisenhaltigen roten Mergeln, welche gewonnen und in Kriens verhüttet wurden.

## **Erdgasanzeichen, Erdölforschungen**

Im Gütschtunnel in Luzern wurden beim Bau Erdgasausströmungen im steilen Luzerner Sandstein wahrgenommen (Kopp 1955). Bei einer einige 10 m tiefen «Erdölbohrung» im Tribtschengebiet sollen Erdgasaustritte beobachtet worden sein (Sumpfgas?).

Von der AG für Luzernisches Erdöl (LEAG) wurden im Jahre 1960 seismische Untersuchungen im Gebiet östlich der Linie Luzern-Rothenburg bis zur Kantonsgrenze vorgenommen. In der Gegend des Tales der Reuss stromabwärts Emmenbrücke liegen die vermuteten Ölspeichergesteine (Horwerplatten) in ca. 3000 m Tiefe.

### **i) Prähistorische Fundstellen**

Durch die in historischer Zeit erfolgte Höherstauung des Vierwaldstättersees sind alle prähistorischen Ufersiedlungsstätten

überflutet worden. Dadurch erklärt es sich, dass die Gegend von Luzern arm ist an prähistorischen Fundstätten.

Im Jahre 1927 wurde beim sog. Inseli, in Winkel, SSE Horw (ungefähr beim «k» von Winkel) in ca. 5 m Tiefe eine Pfahlbaute mit Steinsetzung, Knochensplintern und Feuersteinwerkzeugen gefunden. Es handelt sich um eine Siedlung der jüngeren Steinzeit. Auch bei Schönbühl S Tribtschen stiessen Suchbohrungen auf Holzwerk und Kulturschichten der Steinzeit.

Eine von der Jungsteinzeit bis zur Hallstattzeit besiedelte Höhenstation wurde von W. AMREIN (1939) westlich neben dem Langackerwald-Steinbruch (0,6 km SE Horw) entdeckt. Es wurden Herdstellen mit Gefäßscherben und Feuersteinsplintern aufgefunden, die von Steinsetzungen umgeben waren. Man nimmt an, dass auf der Höhe des Langackerwaldes etwa 75 Wohnstätten vorhanden waren.

#### LITERATURVERZEICHNIS

- AMREIN, W. (1939): *Urgeschichte des Vierwaldstättersees und der Inner-schweiz*. Mitt. naturf. Ges. Luzern, 13
- BAUMBERGER, E. (1925): *Die subalpine Molasse von Luzern*. Eclogae geol. Helv., 19, 165–177.
- BAUMBERGER, E., und KRÄUSEL, R. (1934): *Die Horwerschichten südlich Luzern*. Abh. schweiz. pal. Ges., 55
- BENDEL, L. (1933): *Geol. Auswertung der Bohrergebnisse im Reussbett in Luzern*. Eclogae geol. Helv., 26/2, 206–208.
- (1934): *Neuere geologische Aufnahmen von Luzern und Umgebung und ihre bautechnische Auswertung*. Schweiz. Bauzeitung, 10.
- BRÜCKNER, E. (1909): in: PENCK, A. und BRÜCKNER, E.: *Die Alpen im Eiszeitalter*, Leipzig.
- BUXTORF, A. (1910): *Erläuterungen Nr. 9 zur geol. Karte des Bürgenstocks* (Spezialkarte 27a mit Profiltafel 27b).
- (1916): *Erläuterungen Nr. 14 zur geol. Karte der Rigihoehfluhkette* (Spezialkarte Nr. 29).
- (1936): *Molasse- und Flyschtektonik südlich Luzern und ihre Bedeutung für den Lopperquerbruch*. Eclogae geol. Helv., 29, 291–301.
- (1951): *Orientierung über die Geologie der Berge am Vierwaldstättersee und die Probleme der Entstehung des Sees*. Verh. Schweiz. naturf. Ges., Luzern, S. 81–85.
- BUXTORF, A., KOPP, J., und BENDEL, L. (1941): *Stratigraphie und Tektonik der überschobenen subalpinen Molasse zwischen Horw und Eigenthal bei Luzern*. Eclogae geol. Helv., 34, 135–154.
- BUXTORF, A., und KOPP, J. (1943): *(Über das Unterstampfen der Rigi und über Querbrüche in der Molasse zwischen Vierwaldstätter- und Zugersee*. Eclogae geol. Helv., 36, 291–301.
- FREY, O. (1907): *Talbildung und glaziale Ablagerungen zwischen Emme und Reuss*. N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. ges. Naturw., 41, Abh. 2.
- FRÖHLICHER, H. (1933): *Geologische Beschreibung der Gegend von Escholzmatt*. Beitr. geol. Karte Schweiz, [NF], 67, Liefg.  
Geologischer Führer der Schweiz, Fasz. 10; Zentralschweiz, Basel 1934.
- HAUS, A. H. (1954): *Das Molassebecken im südwestlichen Raum*, Bull. Ver. schweiz. Petr. Geol. Ing. 60

- HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz*, Bd. I, Leipzig.
- KAUFMANN, F. J. (1860): *Untersuchungen über die mittel- und ostschweiz. subalpinen Molasse*. Denkschr. schweiz. naturf. Ges.
- (1872): *Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz*. Beitr. geol. Karte Schweiz 11. Liefg.
  - (1886/87): *Geologische Skizze von Luzern und Umgebung*. Beil. Jber. Kantonsschule Luzern.
- KOPP, J. (1938): *Der Einfluss des Krienbaches auf die Gestaltung des Luzernersees und die Hebung des Seespiegels des Vierwaldstättersees*. Eclogae geol. Helv., 31, 376-378.
- (1945): Erläuterungen z. Atlasblatt 186-189 Beromünster-Eschenbach des Geologischer Atlas der Schweiz, 1:25 000.
  - (1946): *Aus der geologischen Geschichte von Malters und Umgebung*. Mitt. naturf. Ges. Luzern, 15.
  - (1951): *Die Gletscherstausee-Ablagerungen von Kriens und Littau*. Eclogae geol. Helv., 44/2, 320-323.
  - (1952): *Die glaziale Formenwelt der Umgebung von Luzern* Inner-schweiz. Jb. Heimatk., Luzern 1951/52.
  - (1955): *Erdgas und Erdöl in der Schweiz*, Verlag Räber & Co, Luzern.
  - (1962): *Veränderungen von Seen und Flussläufen in interglazialer und postglazialer Zeit in der Zentralschweiz* (mit Karte 1:100 000). Mitt. naturf. Ges. Luzern.
- LÜDI, W. (1938): *Beitr. zur Bildungsgeschichte der Luzerner Allmend*. Vjschr. naturf. Ges. Zürich, 83.
- MAAG, E. (1950): *Die bautechnische Bodenwertkarte (m. Ausschnitt aus der bautechn. Bodenwertkarte von Luzern und Nachbargemeinden)* von L. BENDEL und J. KOPP: Strasse und Verkehr, 36/10.
- PAVONI, N. (1952): *Geologie der Fallätsche und die Bedeutung des limnischen Niveaux für die Zürcher Molasse*. Vjschr. naturf. Ges. Zürich.
- (1953): *Die rückläufigen Terrassen am Zürichsee und ihre Beziehungen zur Geologie der Molasse*, Geographica Helvetica, 3
- ROCHOW, VON M. (1957): *Altersbestimmung eines Torfes aus dem Untergrund des Löwenplatzes in Luzern* Ber. Geobot. Forschungsinstitut Rübel Zürich für das Jahr 1956.
- SPECK, J. (1945): *Fährtenfunde aus dem subalpinen Burdigalien und ihre Bedeutung für Fazies und Paläographie der oberen Meeresmolasse*. Eclogae geol. Helv., 33, 411-416.
- (1953): *Geröllstudien in der subalpinen Molasse am Zugersee*. Zug.
- STIRNIMANN, V. (1902): *Die Trinkwasserversorgung der Stadt Luzern*, Buchdruckerei Keller, Luzern.
- WALTER, H.: *Bergbau und Bergbauversuche in den 5 Orten*, Geschichtsfreund, Bde. 78/80, Stans 1923-1925.

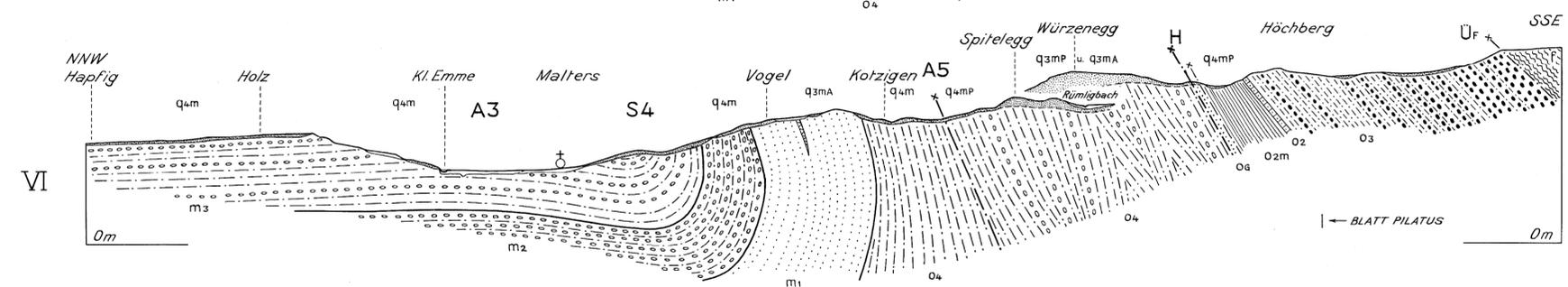
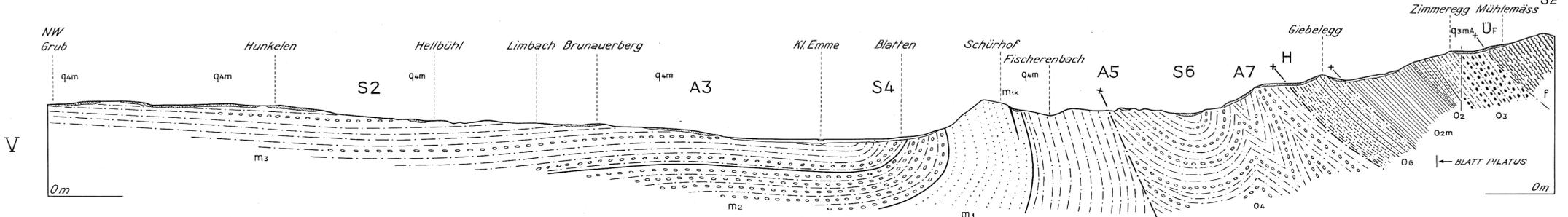
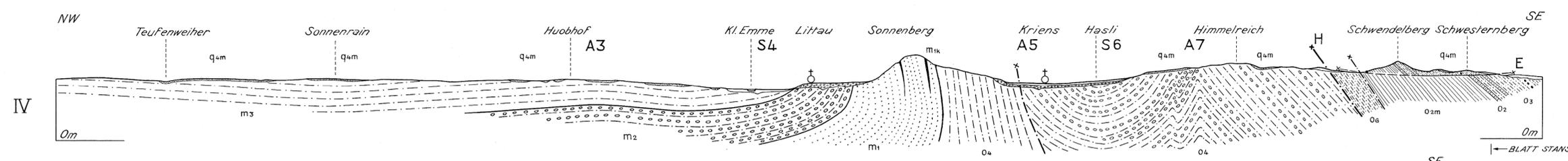
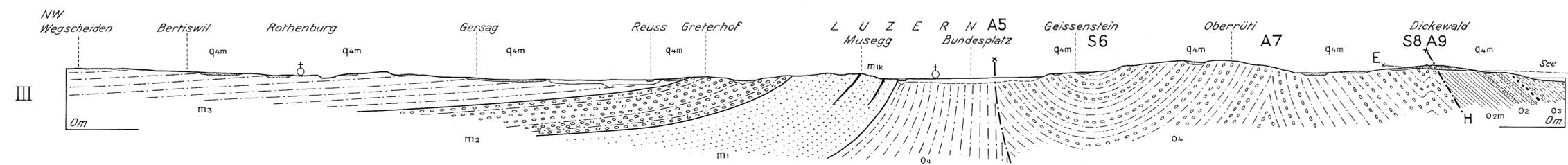
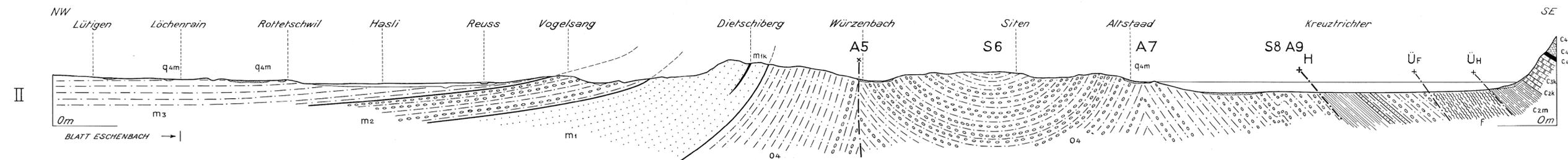
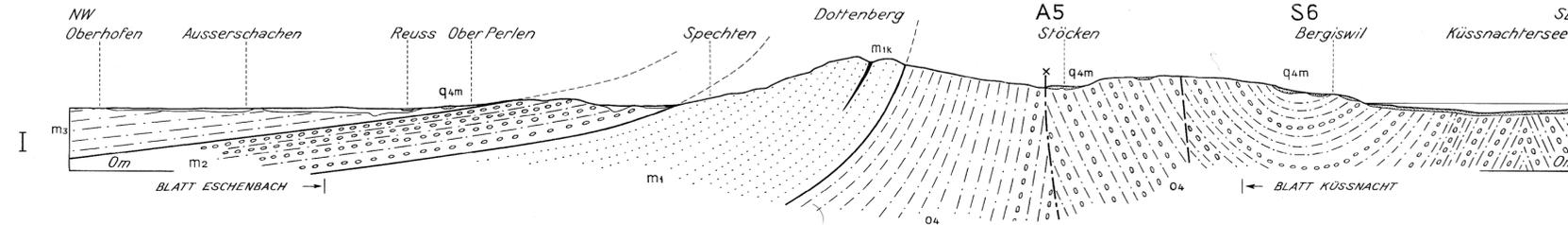
# Geologische Querprofile durch das Gebiet von Atlasblatt Luzern

von J. KOPP

mit Beiträgen von A. BUXTORF

## TEKTONISCHE BEZEICHNUNGEN

- S2 Bremgarten-Synklinale
- A3 Bramegg-Antiklinale
- S4 Farnbühl-Synklinale
- A5 Würzenbach-Antiklinale (Hauptantiklinale)
- S6 Allmendli-Synklinale
- A7 Altstaad-Antiklinale
- S8 Krämerstein-Synklinale
- A9 Utorn-Antiklinale
- H Hauptaufschiebung der subalpinen Molasse
- E Eggboden-Aufschiebung
- ÜF Überschiebung des subalpinen Flyschs
- ÜH Überschiebung der helvetischen Decken



- ### Quartär
- Alluvionen, Bergsturz, Gehängeschutt, Rutschungen
  - Deltaschotter
  - Moränen
    - q4m Moränen des Reuss- und Aare-Brüniggletschers
    - q4mP Moränen von Gletschern der Pilatus-Nordseite
    - q3mA Moräne des Aare-Brüniggletschers
    - q3mP Moräne von Gletschern der Pilatus-Nordseite

- ### f Subalpiner Flysch
- ### Tertiär (Molasse)
- m3 Tortonien } Obere Süswassermolasse
  - m2 Helvétien } Obere Meeresmolasse
  - m1 Burdigalien } Obere Meeresmolasse
  - o4 Aquitanien } Untere Süswassermolasse
  - o3 Chattien } Untere Süswassermolasse
  - o2 Horwerplatten } Rupélien Untere Meeresmolasse
  - o2m Grisismergel } Rupélien Untere Meeresmolasse
  - o6 Stampfen der Giebelegg-Schuppe

- ### LITHOLOGISCHE UNTERSCHIEDUNGEN
- Sandsteine und Mergel
  - Nagelfluh, polygen
  - Sandsteine mit Kohlenflöz (mik)
  - Muschelsandstein
  - Kalksandstein und graue und bunte Mergel
  - Markante Sandsteinbänke
  - Kalknagelfluh
  - Plattige Kalksandsteine (Horwerplatten)
  - Tonmergel (Grisismergel)

- ### Kreideserie der Bürgenstock-Decke
- C4u Unterer Schrattenkalk } Barrémien
  - C4m Drusberg- und Sinuataschichten } Barrémien
  - C4a Altmannschichten } Barrémien
  - C3k Kieselkalk } Hauterivien
  - C2k Valangienkalk } Valanginien
  - C2m Valangienmergel } Valanginien

