Zeitschrift: Eclogae Geologicae Helvetiae

Herausgeber: Schweizerische Geologische Gesellschaft

Band: 57 (1964)

Heft: 2

Artikel: Sedimentologische Untersuchungen im östlichen Napfgebiet (Entlebuch - Tal der Grossen Fontanne, Kt. Luzern)

Autor: Matter, Albert

Kapitel: Stratigraphie

DOI: https://doi.org/10.5169/seals-163142

Nutzungsbedingungen

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

Conditions d'utilisation

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

Terms of use

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

Download PDF: 22.01.2026

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

die Rotseeschichten über. Ein grosses Verdienst KAUFMANN's ist die Erkenntnis, dass gegen die Nagelfluhzentren zu ein Facieswechsel von marin nach limnisch erfolgt. Da ihm jedoch die genauen stratigraphischen und tektonischen Verhältnisse nicht bekannt waren, haben sich einzelne seiner Korrelationen (z. B. Luzernerschichten-Hohrhoneschichten) als unrichtig erwiesen. Es blieb MOLLET (1921), BAUMBERGER (1925, 1929, 1931), LIECHTI (1928) und FRÖHLICHER (1933) vorbehalten, die Stratigraphie und Tektonik zwischen Luzern und Grosser Emme zu klären. FRÖHLICHER (1933) vor allem erkannte, dass sich innerhalb der Abfolge, die zwischen Granitischer Molasse und Napf-Schichten liegt, nur ein einziger Facieswechsel vollzieht, mit mariner Ausbildung bei Luzern und allmählichem Übergang zu vollständig limnischer Ausbildung bei Wiggen. Er stellte auch den stratigraphischen Anschluss an die Gegend von Langnau her, wo KISSLING (1902, 1903) eine klare Gliederung in liegende Meeresmolasse und überlagernde Süsswasserbildungen vorgenommen hatte.

In jüngster Zeit haben sich HOLLIGER (1954) mit der Stratigraphie und Tektonik der subalpinen Molasse im Süden unseres Arbeitsgebietes und FÜCHTBAUER (1958, 1964) mit der Sedimentologie der präburdigalen Molasse des Entlebuch auseinandergesetzt.

Mit den quartären Ablagerungen oder der Morphologie des Gebietes haben sich vor allem ANTENEN (1910, 1924), NUSSBAUM (1910, 1922), STEINER (1926) und FLÜCKIGER (1919) befasst.

STRATIGRAPHIE

Die vorstehenden Hinweise auf die bisherigen Arbeiten lassen erkennen, dass die Stratigraphie der Molassesedimente zwischen Luzern und Escholzmatt im allgemeinen lange Zeit sehr unsicher war; auch heute noch kann sie, trotz der grossen inzwischen erzielten Fortschritte, noch keineswegs als gesichert gelten. Die Gründe für die Schwierigkeiten, die sich der stratigraphischen Einordnung und Korrelation der Molasseschichten entgegenstellten, sind in den besonderen Ablagerungsbedingungen dieser Sedimente zu suchen. Aus dem entstehenden Alpengebirge austretend, mündeten zahlreiche Flüsse in die Molassesenke und schütteten hier ihre Delten auf. Die wechselnde Stosskraft dieser Ströme führte gleichzeitig zu einem raschen Wechsel von terrestrischen, limnischen, marin-brackischen und marinen Ablagerungsbedingungen. So trifft man vor allem in Deltagebieten rasche horizontale und vertikale Facieswechsel (RUTSCH et al. 1958). Gleichaltrige Schichten können daher marine, brackische oder limnische und terrestrische Faunen enthalten, wodurch die Korrelation erschwert, wenn nicht gar verunmöglicht wird. Zudem sind die Faunen meist recht spärlich und teilweise auch im marinen Bereich nicht besonders artenreich. Es ist aber zu hoffen, dass vielleicht die Bearbeitung rasch evoluierender Organismen eine bessere Biostratigraphie der Molasseablagerungen ermöglichen wird. Von einer genauen geochronologischen Einstufung der einzelnen Abfolgen kann indessen vorläufig noch nicht die Rede sein.

1. Granitische Molasse (?Aquitanien)

Das Entlebucher Haupttal liegt SE Schüpfheim ganz im Bereich der hier etwa 2,5–3 km breiten Zone der Granitischen Molasse, die im Streichen gegen NE das Haupttal E des Entlenquerschnitts verlässt. Die im allgemeinen weichen Gesteine dieser Formation prägen auch die Oberflächenformen. Vorherrschend sind im Untersuchungsgebiet runde Geländeformen, Steilstufen und tiefe Tobel finden sich selten.

Die Lagerung der Granitischen (oder Roten) Molasse ist recht kompliziert (vgl. S. 341). Das strukturell hervorstechendste Element ist eine antiklinalartige Aufwölbung, deren Scheitel vermutlich gebrochen ist, wobei der Südschenkel auf den Nordschenkel überschoben wurde. Südlich dieser «Hauptantiklinale» schliessen noch kleinere Verfaltungen an. Im S fehlt der Granitischen Molasse das normale Hangende, da sie von der stampischen Bäuchlen-Farnerenschuppe überschoben wurde. Im N wird sie vom Luzerner Sandstein in normalem stratigraphischen Kontakt überlagert. Die Grenze zwischen Granitischer Molasse und Luzerner Sandstein ist jedoch nicht scharf, zwischen beiden besteht ein allmählicher Übergang. In den obersten 200–300 m des Nordschenkels der Granitischen Molasse tritt der typische granitische Sandstein zurück, und es überwiegen grünblaue, harte, knauerige, meist kalkig-tonige Feinmittel- oder Staubsandsteine[1]), die dem typischen Luzerner Sandstein schon recht nahe stehen. Neben den erwähnten Sandsteinen finden sich in dieser Übergangszone gelbe, rötliche und sandige schwarze Mergel, die dem eigentlichen Luzerner Sandstein fehlen. Die Korngrössenanalysen (S. 412 und Fig. 14) zeigen immerhin, dass die Sandsteine der Übergangszone bereits eine transgressive Tendenz aufweisen, und somit eher der Oberen Meeresmolasse auf deren Regime sie hinweisen, als der Unteren Süsswassermolasse zuzurechnen wären. Zur gleichen Überzeugung gelangte auch Kleiber (1937) im Gebiet der Hohen Rone. Aus praktischen Gründen nahm aber schon Fröhlicher (1933) als Kartiergrenze zwischen Granitischer Molasse und Luzerner Sandstein eine Nagelfluhbank an, die etwa 10–20 m über den untersten Schichten des plattigen Luzerner Sandsteins liegt, Diese «Basisnagelfluh» des Luzerner Sandsteins tritt aber erst W der Entlen auf. wobei sie von E nach W zunehmend an Mächtigkeit gewinnt. Bei Oberrohr ist sie bereits 3–4 m mächtig und im Bockerengraben nach Fröhlicher (1933) schon 10 m.

Die lithologische Abfolge der Granitischen Molasse setzt sich zusammen aus einer Wechsellagerung von grob- und feinkörnigen, kalkigen oder mergeligen Sandsteinen, gelben, roten, violetten oder schwarzen Mergeln und untergeordneten Nagelfluhen.

Nagelfluh

Die Nagelfluh der Granitischen Molasse unterscheidet sich von denjenigen der anderen Formationen durch ihren extremen Gehalt an bunten, granitischen Geröllen und ihre lockere Packung. Vorherrschend sind rote, grüne und helle Granite, welche zusammen mit den restlichen Kristallingeröllen über 50 % aller Komponenten stellen (Tab. 4, Probe 1, 2). Im Gegensatz zu den älteren und jüngeren

[1]) Wir verwenden hier und im folgenden zur Benennung der Gesteine das Grunddiagramm von Füchtbauer (1959).

Nagelfluhen kommen in der Granitischen Molasse vor allem Geröllschnüre und kleine Bänke von 1–2 m Mächtigkeit vor. Die Gerölle sind sehr locker gepackt und vom typischen grobkörnigen Sandstein begleitet. Dies spricht für eine Ablagerung in einem ruhigen Fluss mit gleichmässigem Gefälle (FÜCHTBAUER 1964). Erst im obersten Teil der Granitischen Molasse, d. h. in der Übergangszone, werden die Nagelfluhbänke sowohl mächtiger wie auch kompakter, und die Gerölle gröber, so dass sie im Felde nicht mehr von den Nagelfluhen des Luzerner Sandsteins unterscheidbar sind.

Sandsteine

Das typische Gestein, nach welchem die ganze Formation ihren Namen «Granitische Molasse» erhalten hat (STUDER 1853, S. 348) ist ein grobbankiger, graugrüner, meist kalkarmer Grobmittelsandstein. Der Gesamtkarbonatgehalt variiert zwischen 6 % – (24 %). Bei etwas erhöhtem Karbonat- und/oder Tongehalt geht der granitische Sandstein in einen kalkigen, tonigen oder kalkig-tonigen Sandstein über. Wegen seines ausserordentlich grossen Gehalts an Alkalifeldspäten (45–50 % in der Fraktion 100–150 μ), die schon makroskopisch an ihrer fleischroten Farbe erkennbar sind, ist der granitische Sandstein als Arkose zu bezeichnen. Die gröbere Varietät führt oft noch kleine Gerölle von 3–7 mm Grösse, die sich meistens als Quarzite, Hornsteine oder rote Granite bestimmen lassen. Die grosse Porosität dieser Sandsteine (> 17 %) bedingt ihre auffällig starke und tiefgründige Verwitterung, welche sie nach kurzer Zeit in Grus verwandelt. Die feinkörnigeren und kalkigeren Typen können indessen sehr harte Bänke bilden. Diese feinkörnigeren und manchmal kalkigeren Typen, die neben dem granitischen Sandstein vorkommen, sind als kalkig-tonige Staubsandsteine, Feinmittelsandsteine, oder als stark kalkige Feinmittelsandsteine zu bezeichnen. Man findet sie vorwiegend in der Übergangszone zum Luzerner Sandstein, wo der typische granitische Sandstein fast gänzlich zurücktritt.

Das Dünnschliffbild einer typischen Arkose aus der Granitischen Molasse zeigt ein Überwiegen des Feldspats gegenüber dem Quarz. Der Quarz (31 %) kommt in klaren, eckigen und meist undulös auslöschenden Körnern vor. Alkalifeldspat (38 %) ist oft perthitisch, sericitisiert und nicht selten gebrochen. Bei einem grossen Teil der Alkalifeldspäte handelt es sich um Albit, welcher meistens keine Zwillingslamellierung aufweist und deshalb im Dünnschliff schwer erkennbar ist. Mikroklin tritt ziemlich frisch auf. Saussuritisierte Plagioklase kommen weniger häufig (7 %) vor. In grösseren Körnern können Hornstein- und Quarzitbruchstücke festgestellt werden. Ein Film von braun- und grünlich pleochroitischen Biotitindividuen (15 %) umgibt die einzelnen Körner. Auffallend ist das Fehlen des karbonatischen Zements (2 %). Akzessorisch findet man Muskowit, Chlorit, Erz, Granat, Zirkon und Epidot.

Neben den echten Sandsteinen finden sich dann natürlich alle Übergänge von harten, mergeligen Sandsteinen zu violetten, roten, gelben und sandigen schwarzen Mergeln, die teilweise zahlreiche Kalkkonkretionen enthalten. Die farbigen Mergel haben denn auch zur Bezeichnung Bunte oder Rote Molasse geführt, einem Synonym für Granitische Molasse. Die mineralogische Zusammensetzung dieser Mergel wurde von uns indessen nicht weiter untersucht.

Alter

Die Formation der Granitischen Molasse des Entlebuch hat sich bis heute als äusserst fossilarm erwiesen. FRÖHLICHER (1933) fand im Tobel des Schwändlen-

baches ca. 2,3 km ESE Escholzmatt und am linken Ufer der Waldemme ca. 2,7 km SSW Schüpfheim eine kleine Schneckenfauna mit

Cepaea rugulosa rugulosa (ZIETEN) 1830
Cyrtochylus expansilabris (SANDBERGER) 1858
Triptychia (*Triptychia*) *antiqua* (ZIETEN) 1830

und daneben Früchte von *Grewia crenata* UNGER. HOLLIGER (1954) entdeckte im Staldengraben neben *Cepaea* cf. *rugulosa* ZIETEN unbestimmbare Knochen- und Zahnfragmente. Wir konnten leider aus dem obersten Teil der Granitischen Molasse, welche noch in unser Gebiet hineinreicht, keine neuen Funde beitragen.

Auf Grund der oben erwähnten *Triptychia* (*Triptychia*) *antiqua* (ZIETEN), die als aquitane Leitform gilt, stellte BAUMBERGER (in FRÖHLICHER 1933) die Granitische Molasse des Entlebuch ins Aquitanien. Neuerdings hat aber ZÖBELEIN (1963) die Fauna der Granitischen Molasse S des Oberen Zürichsees neu aufgesammelt und bearbeitet. Er kommt dabei auf Grund der Gastropoden zu einem chattischen Alter für den grössten Teil der Roten Molasse, wobei er jedoch oft Steinkerne zur Bestimmung benutzte. Da beide Fundstellen FRÖHLICHERS (1933) eher im mittleren oder höheren Teil dieser Formation liegen, bleibt die Frage offen, ob nicht auch im Entlebuch ein Teil der Granitischen Molasse dem Chattien zuzuweisen wäre.

Über das Ablagerungsmilieu lässt sich fast ebenso wenig aussagen wie über das Alter. ZÖBELEIN (1963) spricht von «weiten flachen Schwemmlandschaften, wo seichte Gewässer mit niedrigen Landflächen wechselten». Auf Grund der wenigen Fossilien (Land- und Süsswasserschnecken, Säuger, Pflanzen), die meist eingeschwemmt wurden, kann die limno-fluviatil-terrestrische Natur dieser Sedimente als sicher angenommen werden. FÜCHTBAUER (1958, 1964) konnte überdies nachweisen, dass die Sande der Napf-Schüttung durch beckenparallelen Transport diese Schwemmebene durchquerten und bei München das Meer erreichten.

2. Obere Meeresmolasse

a) *Gliederung der Oberen Meeresmolasse zwischen Luzern und Langnau*

Wie wir in der einleitenden Übersicht über die bisherigen Arbeiten ausführten, gliederte KAUFMANN (1872, 1886 S. 560 ff.) die über der Granitischen Molasse folgenden Ablagerungen im Gebiet von Luzern von unten nach oben in Luzernerschichten[2]) (marin), St. Gallerschichten[2]) (marin) und Napfschichten[2]) (limnisch). Er stellte fest, dass Luzerner- und St. Gallerschichten, welche nach der heutigen Nomenklatur dem Burdigalien bzw. dem Helvétien zuzuweisen sind, gegen W in eine limnische Facies übergehen und bezeichnete das Äquivalent der Luzernerschichten als Hohrhoneschichten und dasjenige der St. Gallerschichten als Rotseeschichten.

Wir wollen hier nicht weiter auf die Gliederung KAUFMANNS eintreten, da sie schon von FRÖHLICHER (1933) ausführlich besprochen und klargestellt worden ist. FRÖHLICHER (1933) befasste sich eingehender mit der Stratigraphie der miocänen Molasse zwischen Escholzmatt und Schüpfheim. Dadurch wurde es ihm möglich,

[2]) Schreibweise nach KAUFMANN (1872).

den von KAUFMANN (1886, S. 562 ff.) erkannten Facieswechsel, welcher sich innerhalb der Oberen Meeresmolasse von Luzern bis Wiggen vollzieht, richtig zu deuten.

Von Luzern bis Entlebuch zeigt der Luzerner Sandstein seine typische plattige Ausbildung (MOLLET 1921, KOPP 1962). Gegen W zu nimmt er dann immer mehr Nagelfluh auf. So finden sich bei Schüpfheim bereits zehn grössere und kleinere Nagelfluhbänke, und bei Escholzmatt sind Sandstein und Nagelfluh schon fast gleich mächtig (FRÖHLICHER 1933). Noch weiter gegen W, im Gebiet zwischen Ilfis und Grosser Emme, verliert sich dann der plattenförmige Luzerner Sandstein bis auf wenige Bänke; eine Wechsellagerung von bunten Mergeln, gewöhnlichem Sandstein und Nagelfluh kennzeichnet hier den untersten Teil der Abfolge, welche das Äquivalent der Luzernerschichten KAUFMANNS darstellt (LIECHTI 1928). Mit dem Einsetzen der Nagelfluh ist gleichzeitig ein Mergeligwerden des Sandsteins verbunden. Während somit der untere Teil der Luzernerschichten bzw. ihres Äquivalents im Zentrum des Schuttfächers, d. h. zwischen Grosser Emme und Ilfis, bereits nagelfluhreich und mergelig entwickelt ist, liegt er zwischen Entlebuch und Luzern noch ausschliesslich in der Facies des typischen plattigen Luzerner Sandsteins vor. Mit der zunehmenden Stosskraft der Nagelfluhschüttung gegen das Hangende der Luzernerschichten bzw. ihres südwestlichen Äquivalents erlangt die Nagelfluh und mit ihr die Mergelfacies stets grössere räumliche Verbreitung. In den Gräben zwischen Hasle und Schüpfheim können im obersten Teil des Luzerner Sandsteins erstmals blaugrüne mergelige Sand- bis Siltsteine beobachtet werden. Diese mergeligen Sandsteine und seltener Mergel werden gegen SW häufiger und bilden die Ursache der Depressionszonen Arboden–Steien–Grimslen und Schwändeli–Rehärzli–St. Joseph (FRÖHLICHER 1933). Diese mergelreichen Zonen rechnete KAUFMANN (1886, S. 562) zu seinen Rotseeschichten. Marine Fossilien fanden sich zwischen Gr. Emme und Luzern, aber stets nur im plattigen Luzerner Sandstein, während in der mergeligen Zone keine Fossilien gefunden worden sind.

Derselbe Facieswechsel, der sich innerhalb der unteren Oberen Meeresmolasse (= Luzernerschichten KAUFMANNS) vollzieht, ergreift auch den oberen Teil der Oberen Meeresmolasse, die St. Gallerschichten KAUFMANNS, welche bisher dem Helvétien zugewiesen wurden. Sie stellen bei Luzern eine Wechselfolge von blaugrauen Mergeln, Sandsteinen und Nagelfluh dar. Bereits bei Entlebuch hat aber die Nagelfluh die Sandsteine und Mergel verdrängt (FRÖHLICHER 1933, Fig. 2). Zwischen Hasle und Schüpfheim bildet diese mächtige Nagelfluhmasse die Anhöhen zwischen dem Entlebuch und dem Tal der Grossen Fontanne. In der Umgebung von Luzern folgen über den St. Gallerschichten die Napfschichten (KAUFMANN 1886, S. 235 ff.) deren Basis durch ein Mergelband gekennzeichnet ist (KOPP 1962, S. 14). Eine Zone vorwiegend roter Mergel verfolgte auch MOLLET (1921) als oberste Schichten seines Helvétien vom Rümlig bis an die Kleine Emme bei Wilzigen. FRÖHLICHER (1933) stellte im Hangenden der erwähnten Nagelfluhmasse ebenfalls eine Mergelzone fest, welche er von den Höhen N Escholzmatt ins Tal der Grossen Fontanne verfolgte. Die Land- und Süsswassergastropoden, die er in diesen Mergeln fand, ergaben ein tortones Alter und FRÖHLICHER (1933) betrachtet daher diese Mergelzone als Basis der Napf-Schichten.

Haben wir nun die Obergrenze der Oberen «Meeresmolasse» im Entlebuch festgelegt, so müssen wir uns doch nochmals kurz deren Untergrenze zuwenden. Wie

erwähnt, treten in der obersten Granitischen Molasse Gesteine auf, welche dem Luzerner Sandstein bereits recht ähnlich sind. Trotzdem kann die Grenze zwischen den Gesteinen dieser Übergangszone und dem typischen plattigen Luzerner Sandstein im Felde auf 10–20 m genau festgelegt werden.

Obwohl wir nun Ober- und Untergrenze der Oberen «Meeresmolasse» im Entlebuch recht gut kennen, erschwert der oben beschriebene Facieswechsel, welcher sich zwischen Luzern und Wiggen vollzieht, die Aufteilung der Schichtfolge in Helvétien und Burdigalien. FRÖHLICHER (1933), der diese Gliederung trotzdem durchführte, liess sich vor allem von zwei Überlegungen leiten. Einmal nahm er unter Benutzung der Angaben von BAUMBERGER (1925), MOLLET (1921), LIECHTI (1928) und eigenen Zahlen eine konstante Mächtigkeit von 1200–1400 m der Oberen «Meeresmolasse» zwischen Luzern und Grosser Emme an. Da nach diesen Arbeiten nun die Grenze zwischen Luzernerschichten und St. Gallerschichten bei Luzern ca. 100 m über die Mitte der ganzen Abfolge liegt, kommt unter der Annahme der gleich bleibenden Mächtigkeiten die Grenze Burdigalien/Helvétien im Gebiet zwischen Schüpfheim und Escholzmatt etwa 100 m unter die kompakte Nagelfluhmasse des Schüpferberges zu liegen. Damit gehören nach FRÖHLICHER (1933) die obersten 100 m der Mergelzone Arboden–Steien–Grimslen noch zum Helvétien.

KOPP (1962) gab für die Umgebung von Luzern neue Mächtigkeiten für Burdigalien und Helvétien an und wies nach, dass die Mächtigkeit des Burdigalien mit der Steilstellung der Schichten gegen SW abnimmt. Nach seinen Angaben liegt die Grenze Burdigalien/Helvétien bei Luzern nicht 100 m über der Mitte der gesamten Schichtfolge der Oberen Meeresmolasse. Daraus geht deutlich hervor, dass eine Korrelation der Schichtfolge der Oberen Meeresmolasse des Entlebuch mit derjenigen von Luzern auf Grund der Mächtigkeitsvergleiche nicht vorgenommen werden darf.

Zweitens versuchte FRÖHLICHER (1933), den Anschluss an die Gegend von Langnau herzustellen, wo FANKHAUSER (1871) und KISSLING (1902, 1903) marine und darüber limnische Fossilien gefunden hatten. KISSLING wies daher die betreffenden Schichten der Oberen Meeresmolasse bzw. der Oberen Süsswassermolasse zu. Nun konnte aber LIECHTI (1928) die marinen Fundstellen von FANKHAUSER und KISSLING nicht mehr auffinden. Deren Fossilien, die sich im Naturhistorischen Museum in Bern befinden, sind nach freundlicher mündlicher Mitteilung meines Studienkollegen G. DELLA VALLE spezifisch meistens nicht bestimmbar. Ferner wiesen RUTSCH et al. (1958) nach, dass im südwestlich anschliessenden Gebiet zwischen Bowil und Signau die Faciesgrenze Obere Meeresmolasse/Obere Süsswassermolasse stratigraphisch repetiert sein kann und kommen zum Schluss, dass die Grenze zwischen Helvétien und Tortonien auf Grund der bisherigen Kenntnisse hier nicht gezogen werden könne. Aus diesen Gründen scheint uns die Korrelation der miocänen Schichten des Entlebuch mit denjenigen der Gegend von Langnau längst nicht mehr so sicher zu sein, wie das FRÖHLICHER (1933) seinerzeit angenommen hatte.

Aussichtsreicher scheint uns der Versuch, den stratigraphischen Anschluss an die Gegend von Luzern zu vollziehen. Leider sind aber dort die biostratigraphischen Forschungen auf dem Stande der Erkenntnis von MAYER-EYMAR (1872) verblieben. Ausserdem kann man sich heute fragen, ob die Stufe des Helvétien überhaupt eine

Berechtigung hat, oder ob sie nicht zweckmässiger mit dem Burdigalien zu einer übergeordneten Stufe zusammenzufassen wäre (RUTSCH 1958, S. 115). Als RUTSCH (1958) die Stufe des Helvétien neu definierte, hatte er die Wahl, die Gegend von St. Gallen, von Bern oder von Luzern als Typlokalität zu wählen. Seine Wahl fiel auf den Imihubel S Bern, wo weder eine fossilführende Unterlage, noch das Hangende vorhanden sind. Über die Helvétienfauna des Imihubels sagt RUTSCH (1958, S. 116): «Die Fauna würde wegen ihres schlechten Erhaltungszustandes heute sicher nicht mehr zum Typus einer Stufe gewählt». So fragen wir uns heute, ob nicht die Schichten von Luzern, wo Hangendes und Liegendes des Helvétien fossilführend bekannt sind, besser als Typlokalität einer Stufe geeignet gewesen wären, allerdings auch hier erst nach neuer biostratigraphischer Bearbeitung in ähnlich gründlicher Art und Weise, wie sie RUTSCH für den Imihubel vorgenommen hat.

In der Überzeugung, dass es im untersuchten Gebiet unmöglich ist, die einzelnen Schichtpakete altersmässig einzustufen, ziehen wir es vor, diese, wie die Granitische Molasse als Formationen zu betrachten (AMERIC. COMM. STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE 1961, INTERN. SUBCOMM. STRATIGRAPHIC NOMENCLATURE 1960), ohne jedoch diese Bezeichnung immer ausdrücklich im Namen zu verwenden. In unserem Arbeitsgebiet können wir von unten nach oben die vier folgenden Formationen ausscheiden: Granitische Molasse, Luzerner Sandstein, Schüpferegg-Nagelfluh und Napf-Schichten.

b) *Luzerner Sandstein* (?Burdigalien)

Aus oben erwähnten Gründen ziehen wir für die grünen plattigen Sandsteine unseres Untersuchungsgebietes die lithostratigraphische Bezeichnung Luzerner Sandstein der Stufenbezeichnung Burdigalien vor.

Die Grenze zwischen Granitischer Molasse und Luzerner Sandstein verläuft im untersuchten Gebiet von Wilischwand über Oberrohr an die Kleine Emme W Unter Furen, wo sie den Fluss quert und das Gebiet verlässt (vgl. Tafel I, Karte 1:25000). Morphologisch bildet der Luzerner Sandstein meist steile Hänge und markante Rippen, die von flacheren Terrassen oder Mulden unterbrochen werden. Eine derartige Rippe mit anschliessender Verflachung verläuft von P. 953 N Mettili über Oberrohrberg nach Not (Tafel I, Karte 1:25000). Die Höfe von Unter Wintersiten, Bodnig, Voglisberg und Oberi Schwand liegen schon auf dem anschliessenden flachen Gelände.

Die Lagerung des Luzerner Sandsteins ist einfach. Während die Basis bei Schüpfheim etwa mit 50–60° gegen NNW einfällt, wird die Neigung gegen das Hangende immer geringer und beträgt an der Basis der Schüpferegg-Nagelfluh noch 30°.

Gesteine

Die Luzerner Sandstein-Formation ist in unserem Gebiet schlecht aufgeschlossen. Immerhin lassen sich in den zahlreichen Gräben und Runsen mehr oder weniger durchgehende Profile finden. Fast die ganze Abfolge von etwa 850 m besteht aus dem graugrünen plattigen Luzerner Sandstein. Nagelfluhbänke, Mergel und Süsswasserkalk treten ganz untergeordnet auf.

Nagelfluh

Im Gebiet zwischen Hasle und Schüpfheim können neben zahlreichen Nagelfluhschnüren ungefähr 10 grössere und kleinere Nagelfluhbänke von 0,5–6 m Mächtigkeit gezählt werden. Die unterste Nagelfluhbank tritt etwa 10–20 m über der Basis des Luzerner Sandsteins auf. Seltener beobachtet man Nester oder Bänke von kleingerölliger Nagelfluh, in der massenhaft Muschelschalen zu finden sind.

Im Gegensatz zu den Nagelfluhen der Granitischen Molasse sind diejenigen des Luzerner Sandsteins hart und dicht gepackt und durch feinkörniges graugrünes sandiges Bindemittel verkittet. Grüne und helle Granite, Syenite-Diorite, Gneise, Quarzite, Flyschgesteine und Gangquarze überwiegen (Tab. 4 und 5, Proben 3–12).

Die sedimentären Gerölle nehmen dabei vom Liegenden zum Hangenden auf Kosten der kristallinen Komponenten zu (vgl. Fig. 5). Infolge dieser sich ändernden Zusammensetzung sind die Nagelfluhen des unteren Luzerner Sandsteins noch extrem bunt, diejenigen im oberen Teil nur noch als bunt anzusprechen. Hohle und gequetschte Geschiebe und Eindrücke, vor allem an sedimentären Komponenten, sind ziemlich häufig zu beobachten.

Sandstein

Wie der Formationsname Luzerner Sandstein zum Ausdruck bringt, ist das vorherrschende Gestein der so bezeichneten Abfolge der eigentliche Luzerner Sandstein, ein graugrünes bis blaugrünes, dünnplattiges (1–3 cm), glaukonitführendes Gestein. Er führt oft dünne, dunkle Tonlagen oder -flasern. Auf den Schichtflächen hat sich Muskowit und häufig auch pflanzlicher Detritus angereichert. Die Textur dieses Sandsteins kann in unserem Gebiet schlecht studiert werden. E Hasle, wo der plattige Luzerner Sandstein das glattgeschliffene Bett der Entlen bildet, erkennt man, dass er ausgesprochen kreuzgeschichtet ist. Dabei wechsellagern Zonen kompakten Sandsteins mit solchen deutlicher Kreuzschichtung. Kreuzschichten verschiedener Grössenordnung und ganze Rippelfelder können auch in den verschiedenen Steinbrüchen um Luzern beobachtet werden. Die Schichtflächen mit zahlreichen Spuren zeugen vom Vorhandensein einer benthonischen Fauna. Speck (1945) fand bei Finstersee im Luzerner Sandstein sogar Fussabdrücke von Vögeln. Da das Gebiet zwischen Luzern und Hasle zum Studium der Sedimenttexturen viel besser geeignet ist als das unsrige, haben wir auf deren Untersuchung bewusst verzichtet.

Der grüne Luzerner Sandstein ist meist feinkörnig (Md 0,08–0,20 mm) und kann als Feinmittelsandstein bezeichnet werden. Bei etwas gröberem Korn geht er in einen Grobmittelsandstein über. Mit dem Fortschreiten der miocänen Transgression nimmt die Korngrösse aber deutlich ab (vgl. Fig. 14). Der Karbonatgehalt ist recht hoch (20–40 %) und nimmt vom Liegenden zum Hangenden zu (vgl. Fig. 8). Recht konstant für alle Proben ist der Tongehalt ($<$ 0,02 mm) von ungefähr 8–15 %. Ein Teil des Sandsteins könnte also noch als mergeliger Sandstein bezeichnet werden. Der Quarzgehalt der Fraktion 0,10–0,15 mm nimmt auf Kosten des Feldspatgehalts ebenfalls regelmässig vom Liegenden zum Hangenden zu (vgl. Fig. 12), was mit der Entwicklung der Zusammensetzung der Nagelfluh in Einklang steht (vgl. auch Erni 1915, S. 29).

Das Dünnschliffbild eines Sandsteins aus dem unteren Teil der Luzerner Sandstein-Formation zeigt, dass Quarz der überwiegende detritische Gemengteil ist (25 %). Er löscht meistens undulös aus und enthält zahlreiche feinste Einschlüsse. Daneben kommen Feldspäte reichlich vor. Neben ungegittertem Kalifeldspat findet man auch schönen Mikroklin. Mikroperthite und Mikroklinmikroperthite sind ziemlich selten. Die Alkalifeldspäte (18 %), welche teilweise deutlich zersetzt sind (serizitisiert), dürften mindestens zur Hälfte Albite sein. Frische, schön verzwillingte Albite treten allerdings selten auf. Glaukonit (2 %) ist der auffallendste Gemengteil dieser Sandsteine. Seine schwachgrüne Farbe lässt vermuten, dass er authigener Entstehung ist. Er verleiht dem Gestein zusammen mit dem manchmal blaugrünen Chlorit (7 %) die grüne Farbe. Muskowit (3 %) findet sich meist nur in kleinsten Blättchen, während Biotit sehr selten ist. Dagegen kommen Gesteinsbruchstücke, meist Quarz- oder Quarzfeldspataggregate, recht häufig (7 %) vor. Unter den Akzessorien (4 %) fällt natürlich das Überwiegen von Epidot auf. Die Körner sind durch einen karbonatischen Zement verkittet. Teilweise können detritische Karbonatkörner noch erkannt werden. Nachdem wir den Kalzit mit Alizarin gefärbt hatten, ergab die Ausmessung unter dem Mikroskop 30 % Kalzit und 4 % Dolomit, was mit den durch Titration erhaltenen Werten gut übereinstimmt.

Süsswasserkalke

Im untersten Teil des Luzerner Sandsteins tritt etwa 50 m über dessen Basis eine 20–30 cm mächtige Süsswasserkalkbank auf. Dieser bituminöse Kalk von bräunlicher Farbe wittert gelblich oder hell an und zerspringt beim Anschlagen in scharfkantige Stücke, wobei sich ein stinkender Geruch bemerkbar macht (Stinkkalke!). Die Kalkbank ist von dünnen glänzenden Kohlelamellen durchsetzt und enthält zahlreiche flachgedrückte Planorben und Lymnäen. Ihre Süsswassernatur ist deshalb unbestreitbar. Die chemischen Bestimmungen an 2 Proben ergaben einen Kalkgehalt von 91 % bzw. 97 % und einen Dolomitgehalt von 4 % bzw. 0 %.

Diese Süsswasserkalkbank stellt einen eigentlichen Leithorizont dar. Sie ist im Bockerengraben (Fröhlicher 1933, S. 15), der Bachtolen und bei Lindenbüel (Tafel I, Karte 1:25000) aufgeschlossen. Am rechten Emmeufer fand sie Fröhlicher (unveröffentlichte Originalkarte) im Bachbett SE Zinggenbrücke. Mollet (1921, S. 45) verfolgte sie von der Entlen bis zum Rümlig. Zweifellos steht diese Kalkbank in Beziehung zu den Vorkommen zwischen dem Rümlig und Luzern, nur dass sie hier von eigentlichen Kohlenflözen begleitet wird.

Fossilinhalt und Facies

In der Umgebung von Luzern enthält der Luzerner Sandstein eine viel reichere Fauna als im Entlebuch. Die letzten ausführlichen Angaben über diese Fauna finden wir in Kaufmann (1872, 1886). Eine monographische Bearbeitung der Makro- und Mikrofauna steht jedoch bis heute aus. Aus unserem Gebiet erwähnt Kaufmann (1886, S. 404 ff.) eine Fundstelle bei Lindenbüel. Diese konnten wir in der Bachtolen (Tafel I, Karte 1:25000) wieder auffinden. Eine andere Fossilbank steht in der aufgelassenen Grube zwischen Mettili und Rohrgraben und im Rohrgraben auf 860 m an. Fröhlicher (1933, S. 15) gibt ausserdem drei weitere Fossilfundstellen in unserem Gebiet an: Prallseite der Emme bei Zinggenbrücke, Graben im Bienzenwald und Rohrgraben auf 820 m. Bei allen unseren Fossilfundstellen handelt es sich um Nagelfluhbänke. Die Muschelschalen wurden massenhaft gemeinsam mit Geröllen, in einzelnen Bänken zusammengeschwemmt. Leider waren die Muscheln unbestimmbar. Fröhlicher (1933, S. 15) führt aus dem Gebiet zwischen Escholzmatt und Schüpfheim folgende von Rutsch bestimmte Pelecypoden an:

Tapes (*Callistotapes*)? cf. *vetulus* BAST.
Mactra spec. indet.
Chione? spec. indet.

Unsere Suche nach Mikrofossilien blieb leider erfolglos, bloss ein einziges Exemplar von *Elphidium* spec. indet. konnte gefunden werden.

Die individuenreiche aber artenarme Fauna spricht eher für ein brackisches als ein marines Milieu. Das Vorkommen von Süsswasserkalk, Kohlenflözen und reichlichem pflanzlichem Detritus zeugen von zeitweiser Aussüssung und Landnähe. Das Meer muss daher, wo überhaupt vorhanden, sehr seicht gewesen sein. Das Studium der Sedimenttexturen wird sicher helfen, die Genese des Luzerner Sandsteins im Detail abzuklären; von Interesse ist in dieser Beziehung die Arbeit von VAN DER LINDEN (1963), der sich mit den Sedimenttexturen des ?Burdigaliens der Sense-Schwarzwassergegend befasst hat. Offenbar wechselten während des ?Burdigalien Zeiten höheren Meeresspiegels mit Zeiten stärkerer terrigener Zufuhr, welche zur Entstehung von Prielen, Lagunen und paralischen Sumpfmooren mit einzelnen Süsswasserbezirken führten.

c) *Schüpferegg-Nagelfluh*

Über dem Luzerner Sandstein folgt im Untersuchungsgebiet direkt eine etwa 450 m mächtige kompakte Nagelfluh, die zwischen Schüpfheim und Hasle die nördlichen Anhöhen bildet, welche das Entlebuch und das Tal der Grossen Fontanne trennen. Wir bezeichnen diese Nagelfluhbildungen nach der Schüpferegg (Koord. 643330/201360/1021) als Schüpferegg-Nagelfluh-Formation. Zwischen Schüpfheim und Escholzmatt schalten sich zwischen Schüpferegg-Nagelfluh und Luzerner Sandstein die oben erwähnten Mergelzonen ein. Über den Verlauf der Unter- und Obergrenze der Schüpferegg-Nagelfluh, die durch den Luzerner Sandstein bzw. durch die Basismergelzone der Napf-Schichten gegeben sind, orientiert Tafel I, Karte 1:25000. Südwestlich des Untersuchungsgebiets streicht die Untergrenze südlich der Gehöfte Linden und Madenhus nach Michlischwand (FRÖHLICHER 1933) und von hier bis an die Ilfis bei Dürrenbach.

Lagerung

Zwischen Schüpfheim und Hasle tritt die Schüpferegg-Nagelfluh orographisch deutlich hervor, indem sie steile, bewaldete Südhänge bildet. In den diese Hänge durchziehenden Runsen ist die Nagelfluh gut aufgeschlossen. An ihrer Basis fällt sie etwa mit 30° NNW, doch nimmt die Neigung gegen das Hangende sukzessive ab, so dass sie an der Basis der überlagernden Mergelzone nur noch mit 10–15° gegen NNW einfällt. Die Hänge, welche vom Grat, der das Entlebuch vom Tal der Grossen Fontanne trennt, gegen letzteres abfallen, weisen nur eine um wenige Grade geringere Neigung auf als die unterlagernde Schüpferegg-Nagelfluh. Daher sind hier ausgedehnte Rutschungen und Felsstürze zu beobachten (Tafel I, Karte 1:25000).

Gesteine

Die Schüpferegg-Nagelfluh-Formation besteht fast ausschliesslich aus einer kompakten Nagelfluh. Erst im obersten Teil (z. B. an der Wyssflue, Fig. 1) und

gegen den nordöstlichen Deltarand (z. B. an der Strasse Bruggmättili–Habschwanden) schalten sich einige aus Sandsteinen und Mergeln bestehende 3–10 m mächtige Zonen ein.

Nagelfluh

Die eigentliche Schüpferegg-Nagelfluh ist ebenso wie diejenige des Luzerner Sandsteins sehr hart und dicht gepackt. Das Bindemittel, ein gelbbrauner Feinmittelsandstein (Md 0.17–0.21 mm) ist jedoch etwas grobkörniger. Durch ihren niedrigeren Gehalt an kristallinen Komponenten (durchschnittlich ca. 12 %) unterscheidet sie sich aber deutlich von der Nagelfluh des Luzerner Sandsteins. Ausserdem enthält sie teilweise bis max. 40 % wohlgerundete Dolomitgerölle (vgl. Tab. 4, 5, 6 und Fig. 5). Die Basis der Schüpferegg-Nagelfluh, die nach Speck (1953) den Zugersee erreichen soll, weist indessen einen abnormal hohen Kristallingehalt von

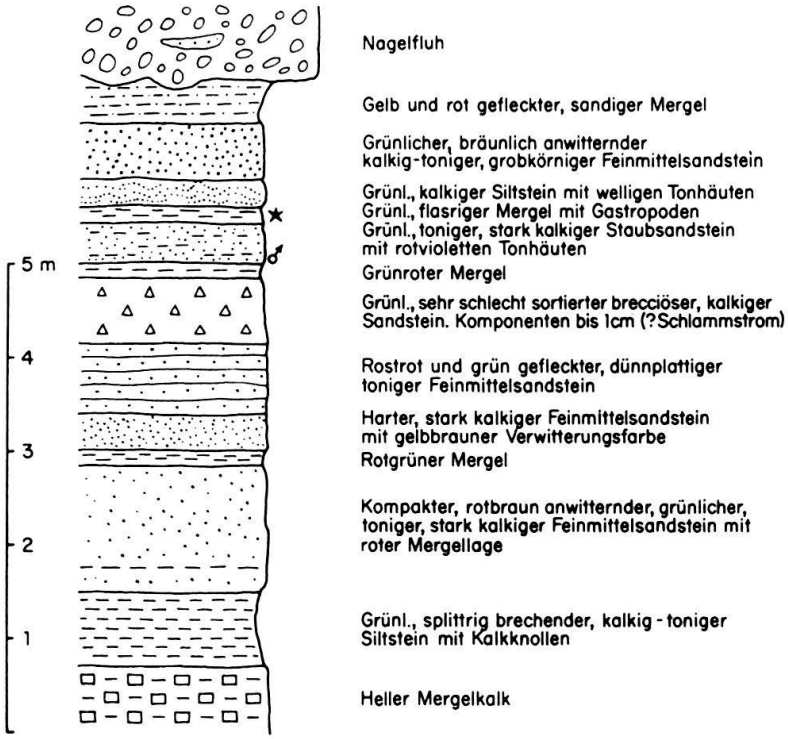

Fig. 1. Profil durch eine Sandsteinzone im oberen Teil der Schüpferegg-Nagelfluh, aufgeschlossen an der Wyssflue, Tal der Grossen Fontanne.

max. 36 % auf (vgl. Fig. 6). Nach der Nomenklatur von Renz (1937a) ist die Schüpferegg-Nagelfluh als bunte Nagelfluh zu bezeichnen. Auffallend, und für die Nagelfluhen der Napf-Schüttung typisch, sind die hellen Quarzite, welche in grossen Exemplaren erstmals in der Schüpferegg-Nagelfluh auftreten. Über die Geröllzusammensetzung der Schüpferegg-Nagelfluh geben Tab. 4, 5 und Fig. 5 Aufschluss.

Sandsteine

In der Schüpferegg-Nagelfluh findet man sandiges Material hauptsächlich als Bindemittel oder in Form kleiner Sandsteinlinsen. Wie oben erwähnt, schalten sich gegen das Hangende und gegen den Deltarand mehrere Meter mächtige Sandsteinzonen mit Mergeln ein, welche die kompakte Nagelfluh in einzelne mächtige Bänke

aufgliedern. Fig. 1 zeigt ein Profil durch eine derartige Sandsteinzone, welche an der Wyssflue im Tal der Grossen Fontanne sehr schön aufgeschlossen ist.

Die Sandsteine der Schüpferegg-Nagelfluh sind deutlich grobkörniger und karbonatreicher als der Luzerner Sandstein (vgl. Fig. 8 und Fig. 14). Sie unterscheiden sich von diesen ausserdem durch höheren Quarz und niedrigeren Feldspatgehalt (vgl. Fig. 12). Die Sandsteine der Schüpferegg-Nagelfluh sind nach FÜCHTBAUER (1959) als feinmittelkörnige Kalksandsteine, kalkig-tonige Sandsteine, tonige Kalksandsteine oder tonige Sandkalke zu bezeichnen. Bei der Ausmessung von Dünnschliffen kann man oft feststellen, dass man einen höheren Gehalt an Gesteinsbruchstücken erhält als bei der Auszählung von Körnerpräparaten (Fraktion 0.10–0.15 mm). Die Dünnschliffausmessung zeigt, dass es sich nach FÜCHTBAUER (1959) beim Grossteil der Sandsteine aus der Schüpferegg-Nagelfluh um feldspathaltige Sandsteine oder Sandsteine mit Gesteinsbruchstücken handelt.

Abschliessend sei das Dünnschliffbild eines tonigen Sandkalks aus der Schüpferegg-Nagelfluh kurz beschrieben:

Über die Hälfte des Gesteins besteht aus Kalzit (60 %) und etwas Dolomit (1 %). Ein grosser Teil des Karbonats ist detritischen Ursprungs, doch ist es nun teilweise rekristallisiert und zementiert die silikatischen Körner, welche sich gegenseitig kaum berühren. Quarz (15 %) ist zumeist eckig, voller feinster Einschlüsse, löscht stark undulös aus und weist ziemlich häufig Böhmsche Streifung auf. Der ebenfalls eckige Alkalifeldspat (7 %) ist meistens von einem bräunlichen Pigment erfüllt und ist zum Teil perthitisiert. Manchmal erkennt man an seiner Gitterung relativ frischen Mikroklin. Etwa die Hälfte des Alkalifeldspats ist Albit, welcher jedoch selten Zwillingslamellierung aufweist und oft schon stark zersetzt ist.

Ziemlich häufig begegnet man Bruchstücken von Gesteinen (8 %), vor allem von Quarziten und Hornsteinen, seltener von Graniten und Ophiolithen. Vermutlich eingeschwemmter Glaukonit (1 %), Chlorit (1 %), Muskowit (2,5 %), chloritisierter Biotit (0,5 %) und Schwerminerale (2,5 %) wie Erz, Granat und Epidot kommen als Akzessorien vor.

Alter

Mit Ausnahme einiger Steinkerne von Heliciden aus dem oberen Teil der Formation (vgl. Fig. 1) fanden wir in der Schüpferegg-Nagelfluh keine Fossilien. Wie wir oben ausführten, kann die Nagelfluh gegen NE verfolgt werden, wobei sie immer mehr Sandsteine und Mergel aufnimmt, die in der Gegend von Luzern vorherrschen und eine marine Fauna enthalten. Die fluviatile Schüpferegg-Nagelfluh unseres Gebiets geht also offenbar gegen NE in eine fluviomarine Geröllschüttung über. Auf Grund der marinen Fauna von Luzern kann die Schüpferegg-Nagelfluh mit Vorbehalt ins Helvétien gestellt werden.

3. **Napf-Schichten** (Tortonien)

Über der Schüpferegg-Nagelfluh folgen im Untersuchungsgebiet die Bildungen der Oberen Süsswassermolasse (Tafel I, Karte 1:25000), welche wir in Anlehnung an KAUFMANN (1886, S. 285) als die Formation der Napf-Schichten bezeichnen wollen. Ihre Basis ist mergelig entwickelt, so dass wir sie mit FRÖHLICHER (1933) als Basismergelzone ausscheiden möchten.

a) *Die Basismergelzone der Napf-Schichten*

Zwischen die kompakte Schüpferegg-Nagelfluh und die Nagelfluh der Napf-Schichten schaltet sich eine 80–100 m mächtige Zone weicher siltiger und mergeliger Gesteine ein, welche vom Rümlig her in unser Gebiet verfolgt werden können.

Zum ersten Male treffen wir sie im Untersuchungsgebiet bei Habschwanden, von wo diese Mergelzone in schleifendem Schnitt ins Tal der Grossen Fontanne hinunterzieht (vgl. Tafel I, Karte 1:25000). Von Ghürsch verläuft sie dann den nördlichen Hängen entlang über Eimättili–Brand–Pilgeregg–Ärbsegg, quert das Flussbett bei Fontannengüetli und zieht über Mittlist Egg–Riesboden–Längenschwand–Chnubelsegg nach Brandsegg N Escholzmatt, von wo sie nach FFÖHLICHER (1933) in die Täler N Trub verfolgbar ist. Die Mergelzone stellt daher vor allem im Zentrum des Napfmassivs einen willkommenen Leithorizont dar.

Im Tal der Grossen Fontanne ist die Basismergelzone vorzüglich aufgeschlossen, z. B. in den Runsen N Pulverhüsli und im Tobel W Hinter Eimättili. Ihre Schichten neigen sich nach FRÖHLICHER (1933) bei Brandsegg nur schwach mit 5–10° gegen NNW, fallen dann aber gegen NE zusehends etwas steiler unter die hangende Nagelfluh ein. Wir werden auf dieses Verhalten im anschliessenden Abschnitt über die Tektonik noch zu sprechen kommen.

Gesteine

Die Basismergelzone baut sich nicht etwa aus Mergeln, sondern vorwiegend aus Siltsteinen auf. Wir möchten aber den alten Namen (FRÖHLICHER 1933) trotzdem beibehalten. Die Mergelzone besteht aus einer Wechselfolge von grünlichen Siltsteinen und (untergeordnet) Sandsteinen, Mergeln und Nagelfluh.

Nagelfluh

Im Profil W Pulverhüsli enthält die Mergelzone vier grössere Nagelfluhbänke (Fig. 2), wovon eine etwa 20 m mächtig ist. Typisch für diese Nagelfluhen ist ihr grünliches, tonig-siltiges Bindemittel und ihr hoher prozentualer Gehalt an Ophiolithgeröllen (vgl. Tab. 4, Proben Nr. 22 und 23). Auf Grund dieser Merkmale kann die Nagelfluh von den hangenden und liegenden gleichartigen Bildungen leicht unterschieden werden. Die Nagelfluh der Basismergelzone ist als eigentliche Ophiolithnagelfluh zu bezeichnen. PAVONI (1957) fand in der Oberen Süsswassermolasse des Zürichseegebiets ebenfalls Ophiolithnagelfluhen, die sich als Leithorizonte verwenden liessen. Dies trifft mit grösster Wahrscheinlichkeit auch für unsere Ophiolithnagelfluh zu.

Sandsteine

Sandsteine kommen in der Basismergelzone nur untergeordnet als dünne Einlagerungen in den Siltsteinen vor. Es sind meistens grünliche, tonige Kalksandsteine. Erst im obersten Teil treten dann mächtigere Bänke eines gelbbraunen, tonigen Kalksandsteins auf, welcher bereits den Übergang zu der hangenden Nagelfluh der eigentlichen Napf-Schichten anzeigt. In der Basismergelzone herrschen indessen absandende, grünliche, tonige bis tonig-kalkige Siltsteine vor (Fig. 2), welche offenbar früher als Mergel betrachtet worden sind. Diese Siltsteine sind praktisch fossilleer. Daneben findet man aber auch echte, meist etwas sandige Mergel. Nicht zu übersehen sind die kohligen, pflanzenführenden, glimmerreichen Mergel und die rostrot und grün gefleckten Mergel. Erstere enthalten neben dem pflanzlichen Detritus zahlreiche Schalen und Schalentrümmer von Planorben und Lymnäen, sowie Zähne von Säugern. Wir fanden in ihnen auch Oogonien von Algen. Die rot und grün gefleckten Mergel enthielten vor allem Landschnecken und

Säugerzähne, auf die unten eingegangen wird. Über den schwarzen Mergeln folgt abschliessend oft ein blaugrauer Tonmergel.

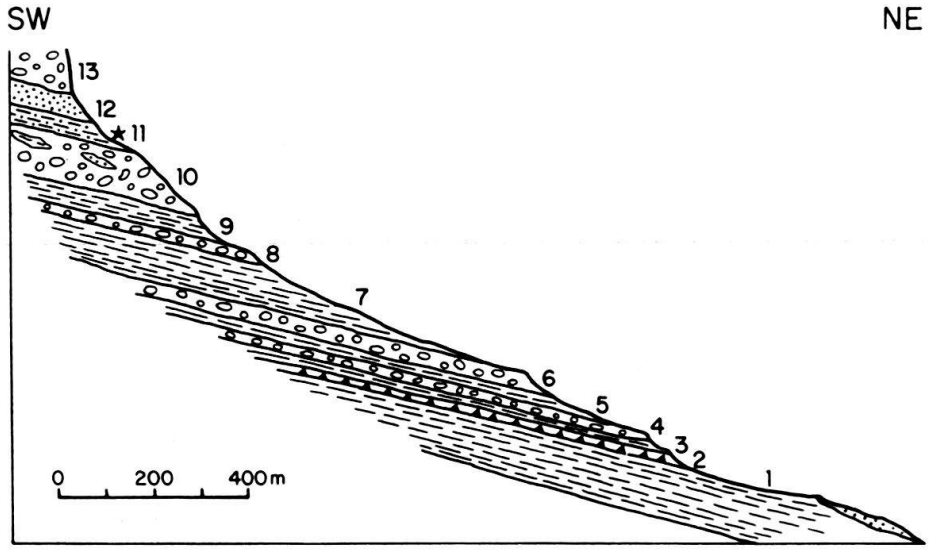

Fig. 2. Profil durch die Basismergelzone der Napf-Schichten W Pulverhüsli, Tal der Gr. Fontanne.

13 Nagelfluh der eigentlichen Napf-Schichten mit mehreren grösseren Sandsteinlinsen.
12 Klüftiger, gelbbrauner, toniger, stark kalkiger Feinmittelsandstein.
11 Schwarze, rostrot und grün gefleckte fossilführende sandige Mergel (Gastropoden, Säugerzähne), sowie gelbe und blaue Mergel wechsellagernd mit Sandsteinen.
10 Nagelfluh mit Komponenten bis 15 cm, tonig-siltigem Bindemittel und Sandsteinlinsen. Besonders im oberen Teil mit Sandstein- und Siltsteinlinsen.
9 Grünliche, kalkig-tonige Siltsteine.
8 Nagelfluh mit Komponenten < 15 cm, tonig-siltigem Bindemittel und Sandsteinlinsen.
7 Wie 9, z. T. mit Sandsteinlagen.
6 Wie 8.
5 Wie 9.
4 Wie 8.
3 Wie 9. Gegen oben Einschaltung von mehreren 1–2 cm mächtigen Sandsteinlagen.
2 Harter brecciöser, sehr schlecht sortierter Sandstein mit zahlreichen Glimmerschieferkomponenten bis max. 1 cm.
1 Wie 9.

Alter und Facies

Während Granitische Molasse, Luzerner Sandstein und Schüpferegg-Nagelfluh praktisch keine Fossilien lieferten, fanden wir in den oben erwähnten Mergeln eine kleine Gastropoden- und Säugerfauna, sowie einige Charophytenarten. Dabei waren vor allem ein rostrot und grün gefleckter Mergel aus der Runse W Pulverhüsli (vgl. Fig. 2) und ein kohliger, schwarzer Mergel im Tobel W Hinter Eimättili besonders ergiebig.

Säugetiere:

Anomalomys gaudryi GAILLARD (Hinter Eimättili)
Dryomys hamadryas MAJOR (Pulverhüsli)
Cricetodon brevis SCHAUB (Pulverhüsli)
?*Cricetodon gregarius* SCHAUB (Pulverhüsli)
Unbestimmbare Wirbeltierreste und ?Krokodilzähne (Hinter Eimättili)

Gastropoden (Hinter Eimättili):

Coretus cornu mantelli (DUNKER) 1848
Radix (*Radix*) *socialis dilatata* (NOULET) 1854
Coretus cf. cornu cornu (BROGNIART) 1810
Cepaea silvana silvana (KLEIN) 1853
Pseudancylus depertitus depertitus (DESMAREST) 1814
Gonyodiscus euglyphoides (SANDBERGER) (FRÖHLICHER 1933, S. 19)

Süsswasserostrakoden, unbestimmbar (Hinter Eimättili)
Charophyten (Hinter Eimättili):

Tectochara meriani helvetica MÄDLER 1955
Maedlerisphaera ulmensis (STRAUB) HORN af RANTZIEN 1959
Kosmogyra ovalis MÄDLER 1955 (= *Croftiella* HORN af RANTZIEN 1959)

Während die Gastropoden und Charophyten altersmässig keine sicheren Schlüsse gestatten, steht auf Grund der Säugetierfauna das tortone Alter der Basismergelzone sicher[3]). Da aber in unserer Charophyten-Gesellschaft die typische Tortonform der Schweiz *Tectochara tortonica* MÄDLER 1955 fehlt, können wir annehmen, dass die Mergelzone ins unterste Tortonien zu stellen ist.

In einer Zeit geringerer Stosskraft des Napfflusses und verminderter grobklastischer Schuttzufuhr bildeten sich die Ablagerungen, welche wir heute in der Mergelzone antreffen. Zeitweise konnten auf der flachen Schwemmlandebene sogar grössere Seen und Tümpel entstehen, die dann vertorften. Solche Ablagerungen stellen beispielsweise der Kohlenhorizont von Blapbach und unsere schwarzen, kohligen Mergel dar. Diese enthalten eine typische Süsswasserfauna (Planorben, Lymnäen, Ostrakoden) und -flora (Charophyten), sowie eingeschwemmte, terrestrische Schnekken und Säugetierreste.

b) *Die eigentlichen Napf-Schichten*

Über der Basismergelzone setzen die eigentlichen Napf-Schichten von ungefähr 600 m Mächtigkeit mit grossen Nagelfluhbänken ein. Diese werden jedoch von kleineren und grösseren Mergelzonen unterbrochen. Eine solche Mergelzone, die bereits von FRÖHLICHER (1933) bei Paradisli im Tal der Kleinen Fontanne entdeckt worden ist, wurde in den letzten Jahren durch Strassenbauten vorzüglich aufgeschlossen. Es bietet sich hier ein recht ähnliches Bild, wie wir es bereits von der Basismergelzone kennen. Nur wechsellagern in den Napf-Schichten nicht vorwiegend grünliche, sondern bunte Mergel mit Sandsteinen und Nagelfluhen. Kohlige schwarze Mergel und kleine Pechkohlenschmitzen kommen ebenfalls vor.

Diese Mergelzone ist nicht die einzige innerhalb der Napf-Schichten. Da wir aber nur die sedimentologischen Untersuchungen und nicht die Kartierung auf die Napf-Schichten ausdehnten, verfolgten wir die verschiedenen Mergelzonen nicht weiter. Uns interessierte lediglich noch die stratigraphisch höchste Mergelzone,

---

[3]) Herrn Dr. J. HÜRZELER (Basel) danken wir für die Bestimmung der Säugetierreste, Herrn Dr. K. MÄDLER (Hannover) für die der Charophyten, Herrn F. WOLTERSDORF (Basel) für diejenige der Gastropoden und Herrn Dr. H. J. OERTLI (Pau) für die Begutachtung einer Probe mit Ostrakoden nochmals herzlich.

welche wir im Öschgraben E Luthernbad fanden, weil sie eine kleine Säugetier- und Gastropodenfauna enthielt, dank welcher wir das Alter der höheren Napf-Schichten sicherstellen konnten. Die Fundstelle liegt stratigraphisch etwa 200 m tiefer als die höchsten am Napf aufgeschlossenen Schichten.

Die Nagelfluh, welche den Hauptanteil am Aufbau der Schichtfolge hat, sowie die Sandsteine wurden sedimentologisch untersucht, während die Mergel wiederum nicht studiert wurden. Da jedoch die Nagelfluh und die Sandsteine im sedimentologischen Teil dieser Arbeit im Detail besprochen werden, fassen wir uns hier kurz.

Nagelfluh

Die Nagelfluh der Napf-Schichten unterscheidet sich von der obersten Schüpferegg-Nagelfluh nur geringfügig durch einen schwach niedrigeren Gehalt an kristallinen, bzw. höheren an sedimentären Komponenten. Auf Grund eines mittleren Kristallingehalts von ca. 11 % kann sie noch als bunte Nagelfluh bezeichnet werden. Die qualitative Zusammensetzung ist genau dieselbe wie diejenige der Schüpferegg-Nagelfluh. Tab. 4 und Fig. 5 orientieren im einzelnen über die genaue quantitative Zusammensetzung. Allgemein kann gesagt werden, dass Flyschgesteine, helle Quarzite, Gangquarze, sowie helle, dichte Kalke die wichtigsten Gerölle der Napf-Schichten sind.

Im Zentrum des Schuttfächers führt die Nagelfluh noch relativ häufig Gerölle > 128 mm, welche aber gegen N sukzessive seltener werden und beispielsweise 2,7 km SE Huttwil (Probe Nr. 28) kaum mehr vorkommen.

Sandstein

Der gelbbraune Sandstein der Napf-Schichten kommt als Bindemittel oder in Form linsenförmiger Körper in der Nagelfluh und in einzelnen Schichten in den seltenen Mergelzonen vor. Eigentliche Knauersandsteine sind im Untersuchungsgebiet sehr selten, sie scheinen an Gebiete, wo Nagelfluh nur noch untergeordnet auftritt, gebunden zu sein. Im Zentrum des Schuttfächers sind die Sandsteine der Napf-Schichten die karbonatreichsten (40–45 %) der ganzen Abfolge. Gegen N scheint der Karbonatgehalt abzusinken. Dies mag auf vermehrte Zerkleinerung der Karbonatkörner und selektives Auswaschen des feinen Karbonatschlamms zurückzuführen sein, oder es ist bloss die Folge einer zu tiefen stratigraphischen Einstufung der Proben. Letzteres wäre wohl möglich, da die Abgrenzung der Napf-Schichten von ihrem Liegenden auf der Nordseite des Napf noch sehr unsicher und auch der Zusammenhang mit dem Entlebuch noch nicht klargestellt ist. Die Sandsteine der Napf-Schichten unterscheiden sich von den älteren durch ihren ausgesprochen kleinen Dolomitgehalt, was sich in einem hohen Kalzit/Dolomitverhältnis (10–40) widerspiegelt. Ihr Quarzgehalt ist der höchste und der Feldspatgehalt der niedrigste aller untersuchten Sandsteine (vgl. Fig. 12). Auf Grund ihrer Kornverteilung (vgl. Fig. 14) sind sie als Fein- bis Grobmittelsandsteine zu bezeichnen (Md 0.15–0.25 mm). Nach dem Grunddiagramm von FÜCHTBAUER (1959) handelt es sich bei den Sandsteinen aus dem Zentrum des tortonen Napfdeltas um Kalksandsteine bis tonige Kalksandsteine. Gegen den Deltarand findet man vermehrt tonige Kalksandsteine, oder bei niedrigerem Karbonatgehalt kalkig-tonige Sandsteine.

Abschliessend sei das Dünnschliffbild eines stark kalkigen, tonigen Grobmittelandsteins, welcher direkt über der Basismergelzone entnommen wurde, beschrieben:

Quarz ist mit 32 % reichlich vertreten und liegt in eckigen Körnern vor (angular bis subangular nach POWERS 1953). Er enthält zahlreiche feinste Einschlüsse und löscht oft undulös aus. Perthitischer Kalifeldspat (9 %) findet sich relativ frisch. Dagegen ist frischer Mikroklin selten zu beobachten. Teilweise kommt wenig zersetzter Plagioklas (Albit/Oligoklas) vor (8 %), meistens hat er sich jedoch völlig in ein feines Gemenge unbestimmbarer Körner zersetzt. Bruchstücke von Gesteinen (Hornstein, Quarzit, Sandstein) sind deutlich vertreten (6 %). Chlorit (2 %) tritt meistens in zersetzten Biotiten auf. Diese sind oft von gelbbrauner Farbe, meistens verbogen und kommen im Gestein ebenfalls etwa mit 2 % vor, während Muskowit (1,5 %) etwas seltener auftritt. Auffallend reichlich sind die Schwerminerale vertreten (1,5 %). Wir erkannten im Dünnschliff Epidot, Orthit, Granat, rotbraunen Spinell und Erz. Kalzit, dessen detritischer Ursprung teilweise noch deutlich erkennbar ist, kommt hier mit 33 % vor. Dies ist für die Napf-Schichten ein atypisch niedriger Gehalt. Dolomit fehlt völlig. Neben dem kalzitischen Zement findet man noch eine tonige Grundmasse (5 %).

Alter und Facies

Wie wir oben zeigen konnten, ist die Basismergelzone der Napf-Schichten dem Tortonien – vermutlich dem unteren Tortonien – zuzuweisen. Da für die jüngsten Schichten des Hörnlifächers (TANNER 1944) und des Zürichseegebiets (PAVONI 1957) ein sarmatisches bzw. sogar pontisches Alter in Betracht gezogen wird, suchten wir abzuklären, ob die höchsten Napf-Schichten ebenfalls posttortoner Entstehung seien. In den oberen Napf-Schichten fanden wir in einem hellen kalkigen und dem überlagernden kohligen Mergel neben den verkohlten Pflanzen eine kleine Säugetier- und Schneckenfauna. Die Fundstelle liegt am neuen Waldsträsschen im Oeschgraben bei Luthernbad auf ca. 1170 m (Koord. ca. 635070/207700).

Säugetiere:

Dryomys hamadryas MAJOR
Cricetodon brevis SCHAUB
Insectivoren indet. div.

Gastropoden:

Tropidomphalus (*Pseudochloritis*) *zelli* (KURR) 1810
Zonites (*Aegopsis*) *costatus* (SANDBERGER) 1874
Cepaea eversa larteti (BOISSY) 1840

Sowohl Säugetiere wie Gastropoden sprechen unabhängig und eindeutig für ein tortones Alter der Schichten dieser Fundstelle. Da bis zu den jüngsten Schichten am Napfgipfel nur noch etwa 200 m Sedimente – vorwiegend Nagelfluh – vorhanden sind, ist anzunehmen, dass diese ebenfalls noch dem Tortonien angehören. Allerdings ist hier beizufügen, dass «heute beträchtliche Abweichungen in den Auffassungen über die Anwendung der Stufenbezeichnungen» (PAVONI 1957, S. 182) vor allem des Tortoniens und Sarmatiens bestehen. Nach säugetierpaläontologischen Kriterien reichen daher auch die oben erwähnte Zürcher Molasse und die Schichten des Hörnli nicht über das Tortonien hinaus.

Ausgehend von unserem kleinen Untersuchungsgebiet, das ausserdem im Zentrum des Schuttfächers liegt, können wir keinen grundsätzlich neuen Beitrag zur

Entstehungsgeschichte der Oberen Süsswassermolasse liefern. Obwohl die Vorstellung von SCHIEMENZ (1960), die Süsswassermolassen seien Deltasedimente verschiedener Flüsse, die ihre Fracht in ein einziges grosses Süsswasserbecken geschüttet hätten, ohne nähere Prüfung für die einzelnen Gebiete einiges für sich hat, spricht doch z. B. das Vorkommen von Rinnennagelfluhen und -sanden (PAVONI 1957, S. 184 ff.) für eine zeitweilige Trockenlegung grosser Gebiete des Molassebeckens. Während der Oberen Süsswassermolasse war das Molassebecken – wie oben erwähnt – eine grosse, flache Schwemmlandebene, in der sich Pflanzen und Tiere ansiedelten (RUTSCH 1945). Nach Zeiten grösserer Überschwemmungen, während derer der feine Schlamm über grosse Gebiete verbreitet wurde (vgl. Überschwemmungen des Nil, Po), konnten grössere Seen entstehen, die sich über längere Zeiten zu halten vermochten. Hier gelangten Süsswasserkalke zum Absatz. Im Laufe der Zeit wurden die Seen aufgefüllt, verlandeten oder vertorften. Neben autochthonen limnischen Fossilien findet man deshalb eingeschwemmte Reste von Landtieren (Säuger, Schnecken etc.) und -pflanzen. Auf die Tatsache, dass die Landtiere nicht von einem entfernten Festland eingeschwemmt sein können, hat bereits RUTSCH (1945) aufmerksam gemacht; denn die Schalen der eingeschwemmten Landschnecken sind meistens sehr gut erhalten und ausserdem sind an mehreren Stellen in der Schweiz ganze Gelege von Vogeleiern gefunden worden, die einen Transport niemals überstanden hätten. Es kann daher nicht von einem einzigen grossen See N der Alpen die Rede sein, sondern es müssen wohl mehrere Seen innerhalb der Festlandsebene existiert haben.

4. Quartär

a) *Diluvium*

Während die Gegend S Schüpfheim reich an Moränenwällen ist, finden sich N der Kleinen Emme im Untersuchungsgebiet vor allem eine in einzelne Teilstücke aufgelöste Grundmoränendecke und viele erratische Blöcke. Die Grundmoräne bedeckt vor allem das flachere Gelände von Mettili-Lindenbüel, Feli-Obstalden, Bodnig, Voglisberg, Oberi Schwand, Siggenhusen-Tällen (Tafel I, Karte 1:25000).

Diese Grundmoränendecke, welche zwischen 2–20 m mächtig sein kann, ist in den einzelnen Gräben aufgeschlossen, besonders schön in der Bachtolen. Sie besteht aus einer gelben, lehmigen Matrix und vielen gekritzten Geschieben und neigt zu Abrutschung in die Bachtobel.

Neben Grundmoräne kommen zahlreiche erratische Blöcke vor, welche nicht selten über 2 m gross sind, und die man meistens in den Tobeln trifft. Es handelt sich vorwiegend um stampische Nagelfluh, helvetische Kreidekalke und Flyschsandsteine. Wie man auf Grund der Verbreitung der Erratiker annehmen kann, erreichte das Eis beim pleistocänen Hochstand mindestens die Höhe von 950 m.

ANTENEN (1924) nimmt an, dass der risseiszeitliche Aaregletscher infolge der stauenden Wirkung des Rhoneeises über den Schallenberg ins obere Emmental vorstiess, wo er sich mit dem Emmegletscher vereinigte, der ihn gegen das Entlebuch zu auf die linke Talseite abdrängen konnte. Daher weist ANTENEN (1924) die erwähnte Grundmoräne dem Aaregletscher zu. Die Moränenwälle S Schüpfheim weist er dagegen dem Waldemmegletscher der letzten Eiszeit zu. Da jedoch sichere

Aareleitgesteine in der Umgebung von Escholzmatt (FRÖHLICHER 1933) und von Schüpfheim praktisch fehlen, stammt die erwähnte Grundmoränendecke mit grösster Wahrscheinlichkeit vom Waldemmegletscher. Dieser breitete sich während der letzten Eiszeit, nachdem er die Lammschlucht durchquert hatte, im Talkessel von Schüpfheim aus und erreichte zur Zeit seines Maximalstandes die Gegend von Doppleschwand (NUSSBAUM 1922, STEINER 1926). Die wenigen Habkerngranitblöcke, die bisher im Entlebuch gefunden wurden, sind vermutlich durch den vom Aaregletscher abgedrängten Gr. Emmegletscher über Schangnau–Marbach–Wiggen–Escholzmatt hierher verfrachtet worden.

Sehr unsicher ist dagegen die Herkunft der erratischen Blöcke im Tal der Grossen Fontanne. Hier hatten schon MOLLET (1921, S. 56) und STEINER (1926, S. 64) Aaregranite, exotische Granite, Gabbros, Quarzite und Kalke festgestellt. Wir fanden ausserdem sichere Habkerngranitblöcke. MOLLET (1921) nimmt an, dass in der Risseiszeit der Aaregletscher auch im Fontannental lag und von hier über die Einsattelung von Habschwanden ins Entlebuch überfloss. STEINER (1926) dagegen betrachtet die Quarzite als Rhone- und die übrigen Blöcke als Aare- bzw. Gr. Emmeerratiker. Die Quarzite können u. E. wohl vom Rhonegletscher herantransportiert worden sein, da wir sie auch in den Tälern N des Napf in metergrossen Blöcken fanden.

Das Vorkommen von Grundmoräne bei Habschwanden und March (Tafel I, Karte 1:25000), sowie erratische Flyschsandsteinblöcke im Chriesbaumenwald N Habschwanden deuten jedoch darauf, dass Waldemmeeis zur Würmeiszeit auch ins Fontannental geflossen sein könnte. Auf den Matten und Weiden sind aber seine Zeugen im Laufe der Jahrhunderte durch die Anwohner vernichtet worden.

b) *Alluvium*

Rutschungen, Schlipfe und Felsstürze

Im Untersuchungsgebiet entstanden vor allem auf der rechten Talseite, wo die Hänge fast schichtparallel ins Tal abfallen, zahlreiche Rutschungen und Felsstürze. Die Nagelfluhbänke lösen sich bei Wasserzutritt gerne von ihrer Sandstein-Mergelunterlage und beginnen zuerst langsam zu rutschen. Bei grösserer Bewegung können aus den rutschenden Massen eigentliche Felsstürze entstehen, wobei Brüche und Klüfte als bevorzugte Ablösungsflächen dienen. Die Ostbegrenzung der Sturzmasse von Unter Gmünden wird von einem solchen Bruch gebildet und die östliche Begrenzung des Felssturzes N Voglisbergegg zeigt ebenfalls die Streichrichtung der Brüche. Westlich der Schüpferegg ist praktisch der ganze Hang im Abrutschen und Abstürzen begriffen, und bei Änetegg rutscht ein Teil der Häuser langsam talwärts, wobei oft tiefe Erdspalten aufreissen.

Im Entlebuch sind Rutschungen auf der linken Talseite sehr selten. Nur bei Ämmenegg (Tafel I, Karte 1:25000) soll infolge Kahlschlag bei einem Unwetter im Jahre 1936 ein Schlipf niedergegangen sein, der ein Haus samt Einwohnern vernichtete.

Talböden und Terrassen

Zu beiden Seiten ihres Laufes hat die Kl. Emme einen mehr oder weniger breiten Talboden aufgeschüttet. Über diesem jüngsten Talboden sind aber ältere,

durch Terrassenränder gekennzeichnete Talböden erkennbar. Diese Terrassen sind ausführlich von STEINER (1926) beschrieben worden. Die zwei unteren Terrassen liegen 4–7 m bzw. 10–20 m über der heutigen Talsohle (Tafel I, Karte 1:25000). Sie weisen gegen Hasle ein deutliches Gefälle auf. Ihr Sockel besteht aus Molasse. Die höhere Terrasse ist aber von einer dünnen Moränendecke, nach STEINER (1926) durch fluvioglazialen Schutt überzogen und ist daher der Zeuge eines Talbodens, der vor der letzten Eiszeit angelegt wurde. Ein drittes Terrassensystem liegt auf 855–880 m. Es sind dies die Terrassen von Wilischwand–Ober Lindenbüel, Oberrohrberg, Bodnig, Voglisberg und von Oberi Schwand, die aber als Denudationsterrassen zu betrachten sind. So liegen vor allem die vier letzteren dieser Terrassen im Bereiche des obersten, weicheren Luzerner Sandsteins.

Bei der Terrasse von Änetegg im Fontannental (Tafel I, Karte 1:25000) handelt es sich um den Rest eines älteren Talbodens, der von der Fontanne aufgeschottert wurde.

Schuttkegel

Kleine Schuttkegel treffen wir am Ausgang der Gräben, die von der das Entlebuch und Fontannental trennenden Firste gegen die Kleine Emme hinunterziehen. Auch vor Runsen, die nur während kurzer Zeit im Jahr Wasser führen, findet man Aufschüttungen von kleinerem Ausmass (Tafel I, Karte 1:25000).

Quellen und Kalktuff

Das Untersuchungsgebiet ist reich an kleinen, meist wenig ergiebigen Quellen. Viele davon sind gefasst, da beinahe jeder Bauernhof über eine eigene Wasserversorgung verfügt. Wir haben die Quellen auf der Karte eingetragen, erheben aber keinen Anspruch auf Vollständigkeit.

Es ist uns nur ein einziges grösseres Vorkommen von Kalktuff bekannt geworden. Dieses befindet sich ungefähr 300 m NW Änetegg und ist vor Jahren zum Bau der Kirche von Doppleschwand, der Kapelle von Änetegg, sowie zum Bau von Öfen und Kaminen ausgebeutet worden.

Riedgebiete

Sumpfiges Gelände trifft man oft an schattigen Stellen im moränenbedeckten, flachen Gelände. Grössere Sumpfwiesen, die wir auf der Karte als Ried (Tafel I, Karte 1:25000) ausgeschieden haben, kommen selten vor und eigentliche Torfmoore wurden keine festgestellt.

TEKTONISCHER ÜBERBLICK

Da die ältesten Schichten des untersuchten Gebiets zur Granitischen Molasse gehören (Tafel I, Karte 1:25000), befassen wir uns im folgenden nur mit der Tektonik der Granitischen Molasse und der jüngeren Ablagerungen, d. h. mit der sogenannten äusseren Zone der subalpinen Molasse.

Bereits STUDER (1825, S. 134) erkannte den antiklinalen Bau der Granitischen Molasse und stellte ihn in seiner Karte 1:760000 dar. ALB. HEIM (1919, S. 175) bezeichnete diese Aufwölbung als Hauptantiklinale und ROLLIER (1911) als A 1.