Beobachtungen zu Quartärgeologie des Schaffhauser Klettgaus

Autor(en): **Hofmann, Franz**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **87 (1994)**

Heft 1

PDF erstellt am: **17.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-167449

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Eclogae geol. Helv. 87/1: 241–263 (1994)

0012-9402/94/010241-23 $1.50 + 0.20/0
Birkhäuser Verlag, Basel

Beobachtungen zur Quartärgeologie des Schaffhauser Klettgaus (Schweiz)

FRANZ HOFMANN[1]

Key words: Pre-Würm glaciations, northern Switzerland, Rhine and Linth glaciers, gravel channels, tracer pebbles, Rhine deviation

ABSTRACT

In the present paper, insights into the quarternary deposits of the Klettgau Valley (west of Schaffhausen, Switzerland) are described and discussed, which were made possible by temporary building excavation outcrops and gravel pits accessible over the past years. The Klettgau region is located outside of the maximum extension limit of the last (Würm) glaciation. In particular, at many places prewürmian ("Riss") moraines and gravels were found which were deposited by the Linth and not by the Rhine glacier. This can be proved by the presence of unequivocal pebbles from the Glarus Alps (violet spilites, volcanoclastic Taveyannaz sandstones and a wide variety of Verrucano rocks typical for the Glarus area). The Linth glacier, which arrived from the south first, supplied pebbles through preexisting lateral valleys into the Klettgau canyon which at that time was still being filled up from the east by gravels originating from the Rhine glacier moving on from the Lake of Constance region.

Later on the ice moved into the Klettgau Valley, which at that time was dammed up by the Aare glacier, having arrived at the foot of the Black Forest near Waldshut. The Klettgau Valley was converted into a lake some 25 km long, in which clay and silt mud and sands were deposited as well as moraine material from the Linth glacier moving into the lake area. Isolated boulders of alpine rocks which are found within the mud sediments must be attributed to transportation by drifting ice.

Most probably, the Linth glacier moved across the Klettgau Valley as far as Hallau, but it remains uncertain whether it reached the Wutach area (Schleitheim) at the same occasion. The moraines found in that region could have been deposited during an earlier glaciation.

The observations presented also allow some reflections on the causes and on the mechanism of the deviation of the Rhine from Schaffhausen to the south. Not only the Klettgau Valley gravels, but also those of the region downstream from the Rhine Falls consist of a mixture of pebbles from the eastern Rhine glacier and from the southern Linth glacier. Their deposition must have started whilst the ice of the two glacier systems moved onto the Schaffhausen area. For a considerable period of time, alternative or simultaneous supply of gravel from both systems must have taken place into both areas, west or south of Schaffhausen respectively. Preexistent canyons in the Jurassic rock basement must have played an important role, and the previous history of the deviation of the Rhine gets a new dimension. Only after the maximum extension of the pre-Würm glaciation, the Rhine was definitely deviated southwards.

ZUSAMMENFASSUNG

In der vorliegenden Arbeit werden Einblicke in das ausserhalb des Würmmaximums gelegene Quartär des Klettgautales (Kanton Schaffhausen, Schweiz) beschrieben und interpretiert, die sich in den letzten Jahren in Bau- und Kiesgruben ergaben und die weiter zurückliegende Beobachtungen wesentlich ergänzen. Insbesondere wurden an vielen Stellen vorwürmzeitliche Moränen und Schotter («Riss») erkannt, die vom Walensee-Linth- und nicht vom Bodensee-Rheingletscher zugeführt wurden, was anhand von Leitgeschieben aus Gestei-

[1] Rosenbergstrasse 103, CH–8212 Neuhausen am Rheinfall

nen aus dem Glarnerland (violette Spilite, Taveyannazsandstein und mannigfache Verrucanogesteine) eindeutig nachgewiesen ist. Der von Süden her vorstossende Linthgletscher lieferte durch offenbar präexistente Querrinnen schon Gerölle in die Klettgaurinne, als diese noch in Aufschotterung von Osten her begriffen war. Später stiess das Lintheis auf breiter Front über den Südranden vor und ist im Klettgautal selbst durch Geschiebelagen bezeugt, die unter, in und auf den dortigen Schwemmlehmen zu finden sind. Die Schwemmlehme, Silte und Sande über den Rinnenschottern des Klettgautales entstanden als Schlammabsätze zu einer Zeit, da das Tal durch den zum Schwarzwaldsüdfuss vorgestossenen Aaregletscher zu einem See aufgestaut worden war. Auf Geschiebeverfrachtung durch Treibeis deuten isoliert in den feinen Seesedimenten auftretende «schwimmende» und oft gekritzte Geschiebe.

Es ist wahrscheinlich, dass der damalige Linthgletscher den Südfuss des Hallauer- und Wilchingerberges erreichte, es ist hingegen nicht ganz sicher, ob er auch bis in die Gegend von Schleitheim (Wutachgebiet) vorstiess. Die dort vorhandenen Moränen sind möglicherweise einer früheren Vereisung zuzuschreiben. Die neuen Befunde erlauben auch einige Überlegungen zur Frage des Zeitpunktes und des Mechanismus der Ablenkung des Rheins aus der Klettgaurinne nach Süden. Nicht nur die Klettgau-Rinnenschotter, sondern auch die Schotter der Terrassen südlich des Rheinfalls bestehen aus Mischschottern des Bodensee-Hegau-Rheingletschers und des Linthgletschers. Die Aufschotterung dieser Gebiete muss schon zur Zeit des Vorstosses der beiden Gletschersysteme in die Region Schaffhausen begonnen haben. Dabei ist zeitweilig alternierende oder simultane Beschotterung der Gebiete südlich und nördlich des Südrandens anzunehmen. Die an der Kanalisierung der Schmelzwässer beteiligten Rinnen im Jurauntergrund (inklusive Rheinfallrinne) müssen damals bereits weitgehend existiert haben.

Die Rheinablenkung bei Schaffhausen hat damit eine längere Vorgeschichte. Erst nach dem maximalen vorwürmzeitlichen Eisvorstoss verlagerte sich der Rheinlauf definitiv von Schaffhausen nach Süden. Die Mischschotter südlich des Rheinfalls wurden anschliessend, während des Rheindurchbruchs von Rüdlingen zur Tössegg, terrassiert.

1. Einleitung

1977 wurde vom Verfasser ein Modell eines möglichen Ablaufs der pleistozänen Landschafts- und Flussgeschichte im Gebiet Schaffhausen–Klettgau–Rafzerfeld vorgestellt. Seither ergaben der fortschreitende, intensive Kiesabbau und zahlreiche Baugruben im Klettgau und angrenzenden Gebieten eine Fülle von Beobachtungsmaterial, das durch Geröllstudien ergänzt wurde. Skizzen und Fotodokumentationen über viele temporäre Aufschlüsse wurden der Schweizerischen Geologischen Dokumentationsstelle in Bern zur Registrierung übergeben. Nichtwiederbeschaffbares Belegmaterial ist im Museum zu Allerheiligen in Schaffhausen deponiert.

Einen Überblick über das zur Diskussion stehende Gebiet gibt Figur 1. Die Koordinaten der zitierten Lokalitäten sind in Tabelle 1 (am Ende des Artikels, S. 263) enthalten.

2. Quartärgeologische Einheiten im Klettgau und neue darin gemachte Beobachtungen

2.1 Deckenschotter

Die Deckenschotter im Klettgau sind an sich nicht Gegenstand dieser Arbeit. Immerhin ergaben sich im Zusammenhang damit einige bemerkenswerte neue Befunde.

2.1.1 Älterer Deckenschotter

Älterer Deckenschotter kommt im Untersuchungsgebiet auf dem Buechbüel vor (Geiger 1961, Hofmann 1977, 1981, Verderber 1992), wo er auf 540 müM auf dem Felsgrund auflagert. Er ist sehr arm an Kristallinkomponenten und enthält offenbar nur Bodensee-

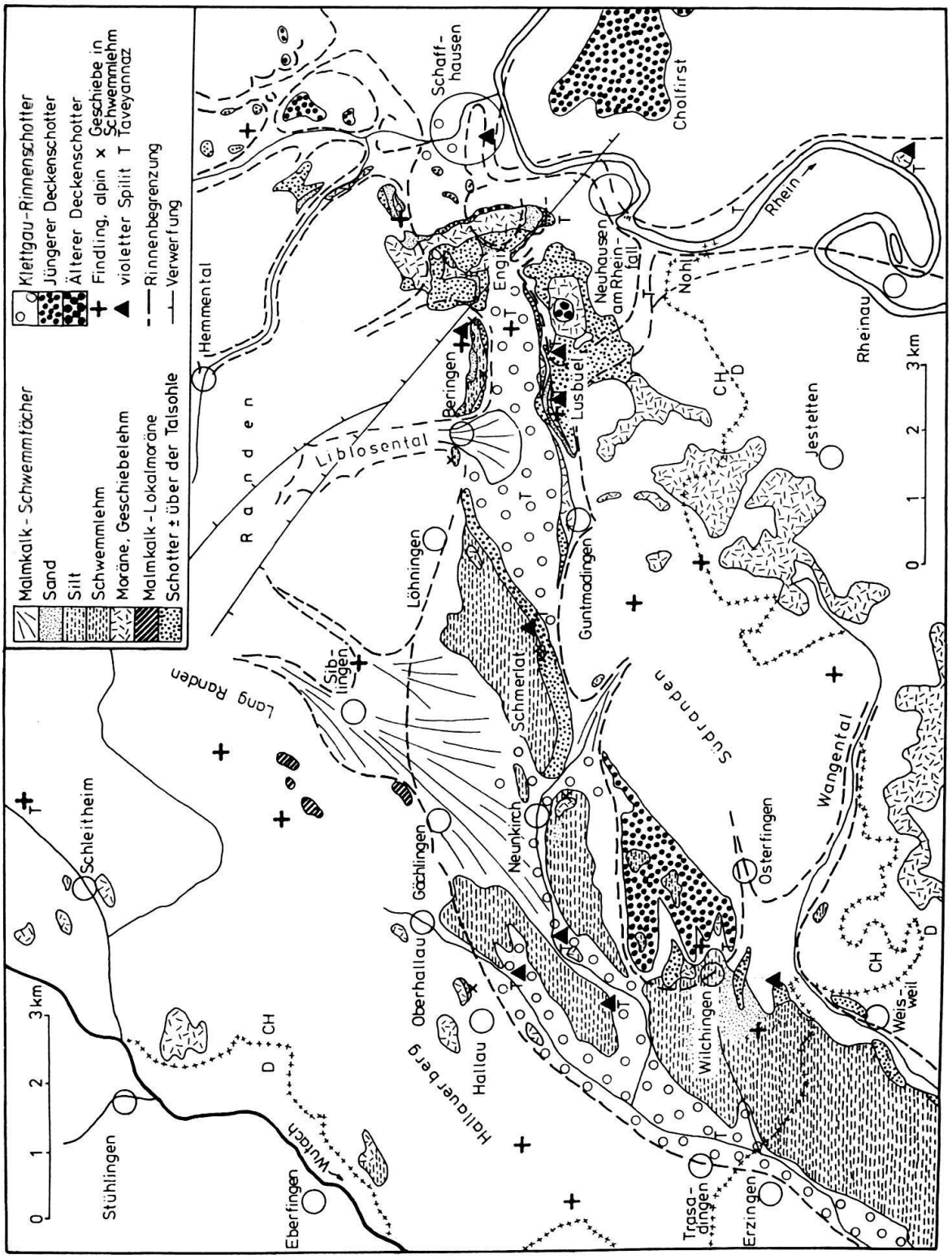

Fig. 1. Quartärgeologische Kartenskizze des Schaffhauser Klettgaus (vorwürmzeitliche Ablagerungen).

Rheingletscher-Gerölle, aber keine solchen des Linthgletschers (im Gegensatz zum Deckenschotter auf dem Irchel).

2.1.2 Jüngere Deckenschotter

In der weiteren Umgebung des Rheinfalls lagern jüngere Deckenschotter auf 490 bis 510 müM (Hohfluh, Cholfirst) auf der Felsunterlage auf, im unteren Klettgau (Neunkirch–Wilchingen–Osterfingen) auf etwa 450 müM. Der Anteil an alpinen mesozoischen Sedimentgeröllen liegt bei 94 bis 95% (Hofmann 1977). Hegauvulkanite fehlen. Im Deckenschotter Wilchingen-Spitz konnte ein Taveyannaz-Geröll von 15 cm maximalem Durchmesser gefunden werden, ein Gestein welches auf dem Cholfirst fehlt.

2.2 Klettgau-Rinnenschotter

2.2.1 Oberer Klettgau (Beringen–Löhningen–Guntmadingen)

Die unter der Talsohle liegenden Rinnenschotter sind im Oberklettgau zwischen Engi (Obergrenze 450 m) und Waldhof-Schmerlat (430 m), E, SE und SW von Beringen, in grossen Kiesgruben bis zu 30 m Tiefe erschlossen, heute aber teilweise in Wiederauffüllung begriffen. Gegen E zieht die Schotterrinne unter dem Engischotter-Komplex zur Breite durch und quert das Mühlental N Schaffhausen. Die Rinne wurde nach der Zeit der Jüngeren Deckenschotter erodiert und später rund 100 m hoch aufgeschottert. Zur Lagerung der Rinnenschotter siehe auch von Moos & Nänny 1970, Hofmann 1977, 1981 und Schindler 1985.

Eine Besonderheit ist die im oberen Teil der Schotter bis zu 5 m unter deren Obergrenze reichende, auffällige Grobblockzone mit Findlingen von gelegentlich bis zu mehreren Tonnen Gewicht (Fig. 2 und Hofmann 1977).

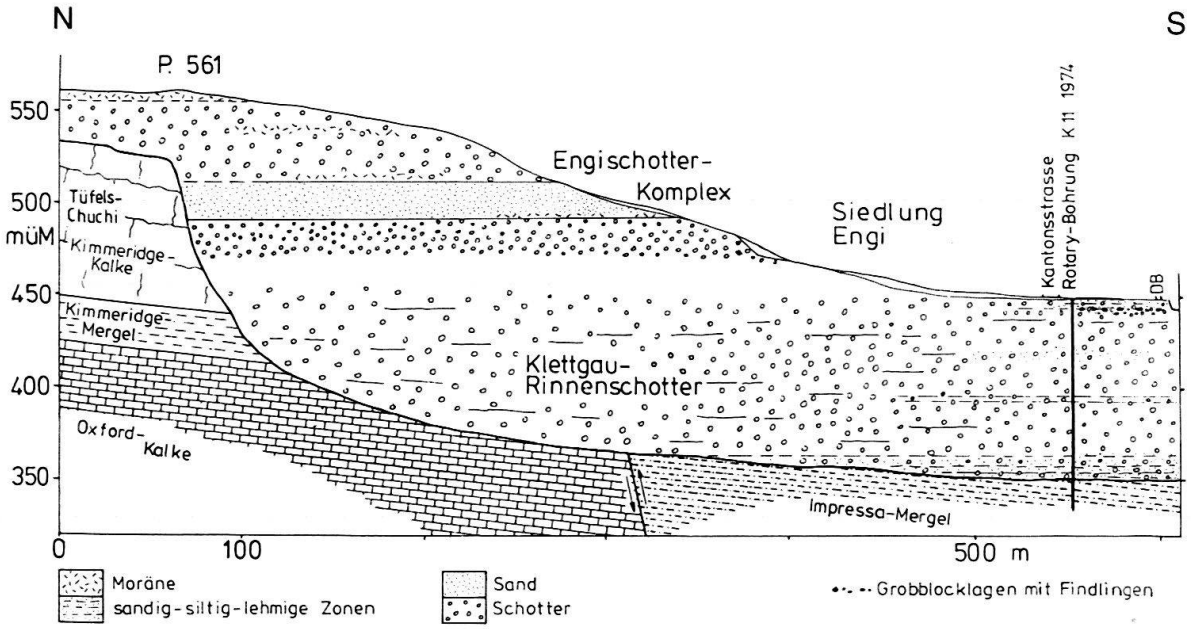

Fig. 2. Querprofil durch das Ostende des Oberklettgaus im Gebiet Engi: In den Malm eingetiefte Klettgaurinne (Rinnenschotter), überlagert vom westlichen Teil des Engischotter-Komplexes.

Die Schotter führen mehrheitlich Gerölle des Bodensee-Rheingletschers mit 83 bis 85% Geröllen aus vorwiegend kalkigen, mesozoischen, alpinen Sedimenten und einem deutlichen Gehalt an Hegauvulkaniten (Phonolith > vulkanische Tuffe > Olivinnephelinith) und einem beträchtlichen Anteil an Malmkalken aus dem Schaffhauser Tafeljura.

Als Beispiele für herkunftstypische alpine Gerölle sind zu nennen: Aaregranit, Hornblendediorite aus dem Vorderrheingebiet (unter und in der Blocklage zu finden). Ophiolithe sind allgemein nicht häufig, und Diallag-Gabbro (Platta-Decke) wurde nur in der Blocklage gefunden.

Die Blocklage selbst enthält Findlinge aus regionalem Malmkalk, aus Deckenschotter, Sandsteinen und Nagelfluh der subalpinen Molasse und aus alpinen Sedimentgesteinen, daneben auch solche aus Hegau-Phonolith bis zu 80 cm Länge. Die Geschiebe (Kalke) sind teilweise gekritzt.

Von besonderer Bedeutung ist die Tatsache, dass in den Rinnenschottern unter und in der Blockzone, wenn auch selten, Taveyannazsandstein-Gerölle bis zu 20 cm maximalem Durchmesser gefunden werden konnten (siehe auch Geröllzählungen bei Hofmann 1977). Gerölle aus violettem Spilit waren hingegen hier nicht zu finden und nur äusserst selten solche aus möglichen Glarner Verrucanogesteinen.

Als hochgelegene Partien der Rinnenschotter im Oberklettgau können jene betrachtet werden, die in der Kiesgrube Schmerlat-Waldhof erschlossen sind, wo Gerölle aus violettem Glarner Spilit, Taveyannazsandstein und Glarner Sernifit zu finden sind, aber auch solche aus Hegau-Phonolith.

2.2.2 Unterer Klettgau

Im unteren Klettgau fehlt die Blockzone von Beringen in den Rinnenschottern. In den grossen Kiesgruben von Hallau, Toktri–Neunkirch und Unterneuhaus (N Wilchingen) waren aber überall Gerölle aus violettem Spilit, eine mehrfache Menge aus Taveyannazsandsteinen und Glarner Verrucano vorhanden, stets aber auch Hegau-Phonolithe. Es handelt sich somit allgemein um Mischschotter aus Walensee-Linth- und Bodensee-Hegau-Geröllen.

2.2.3 Wilchingen

Der Plomberg SSW Wilchingen besteht zwischen 400 und 430 müM aus etwas über der dortigen Talsohle gelegenen, teilweise kalkig verkitteten Schottern, die 87% Gerölle aus mesozoischen alpinen Sedimentgesteinen und 4% Kristallin enthalten. Daneben wurde je ein Geröll aus violettem Spilit und einer vermutlichen Rötidolomitbrekzie gefunden, die auf Herkunft vom Linthgletscher (via Wangental) deuten. Phonolith fehlte.

2.3 Höhergelegene Schotter über der Talsohle

2.3.1 Engischotter

Der Komplex der «Engischotter» bildet den östlichen Abschluss des Klettgautales und grenzt es gegen die nur wenig höher gelegene Breiteterrasse im Osten ab. Diese merkwürdige Lockergesteinsbarriere ist aus mannigfachen Schotter-, Silt-, Sand- und ein- und angelagerten Moränenbildungen aufgebaut und reicht von der Klettgautalsohle bei

450 müM bis auf etwa 570 müM im NW, wo ein deutlicher Moränenwall sie gegen das Eschheimertal abgrenzt (siehe auch Schindler 1985 mit Baugrundkarte Schaffhausen 1982, Hübscher 1943 und Fig. 2). Auffallend ist eine Sandzone, die auf rund 500 müM offenbar den ganzen Engi-Komplex durchzieht. An der Basis dieser Sandlage treten Moränenlagen und Findlinge auf, so beobachtet in Baugruben in der Chlus (Schaffhausen NW, 1992) und am südlichen Galgenbuck (Neuhausen a. Rhf., 1993). Am Galgenbuck enthielt die basale Moränenlage aufgearbeitete Untere Süsswassermolasse und Geschiebe aus Taveyannazsandstein, Glarner Verrucano und gekritztem Quintnerkalk. In der hangenden Sandzone war Schrägschichtung aus SW zu erkennen.

In den Schottern über der Sandzone sind offenbar in verschiedenen Niveaux Geschiebehorizonte eingelagert (Beobachtungen in längst aufgelassenen und verfüllten Gruben, ebenso anlässlich der Erneuerung der Druckleitung Engiweiher–Rheinkraftwerk Schaffhausen 1992 im Gebiet W, SW und S des Örlifalls; siehe auch Hübscher 1943).

Die Schotter des Engi Komplexes bestehen grundsätzlich aus Bodensee-Rheingletscher-Material. In der Grube Örlifall konnte ein Phonolithgeröll gefunden werden (siehe auch Schalch 1916). In der Kiesgrube NW der Siedlung Engi kamen bei einer Zählung zwei kleine Phonolith-Geröllchen zum Vorschein, aber auch ein solches aus mutmasslichem violettem Spilit. Dies zeigt, wie der Befund am Galgenbuck, dass der Linthgletscher nahe war.

2.3.2 Lusbüelschotter

Der Lusbüel ist ein markanter, aus Lockergesteinen aufgebauter, von der Talsohle bei etwa 450 müM bis auf 551 m hinaufreichender Sporn, ähnlich der Engischotter-Barriere ein geologischer Fremdkörper in der Landschaft (Fig. 3). Zwischen 485 und 500 müM liegt auch hier eine Sandzone, und an deren Basis findet sich eine Moränenlage mit Findlingen, die schon von Hübscher (1943) beschrieben wurde und in der grossen, aufgelassenen Kiesgrube noch immer zu erkennen ist.

Der Schotter (Kiesgrube, 500 bis 530 müM) zeigt folgenden Geröllbestand (siehe auch Hofmann 1977):

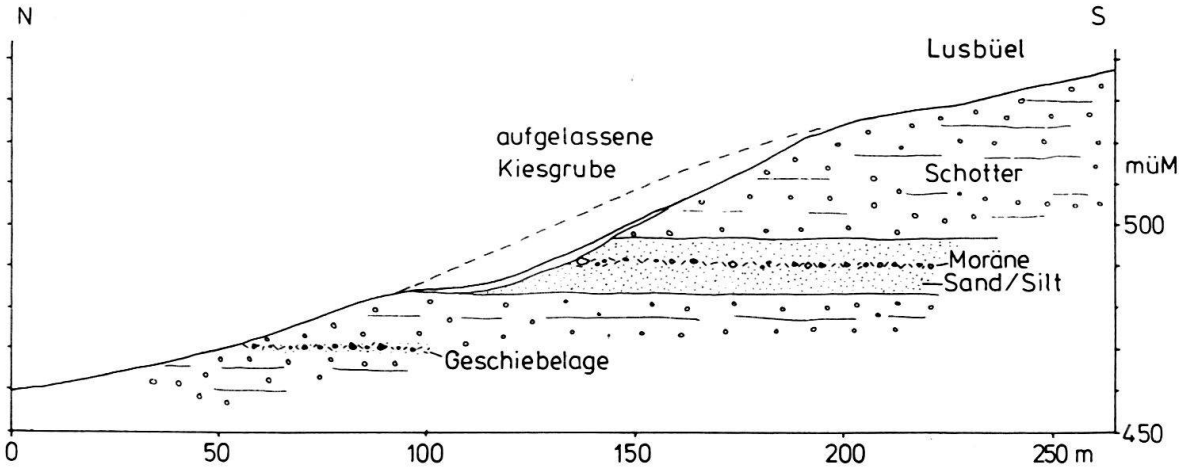

Fig. 3. Profil durch den Lusbüel-Schotterkomplex S Beringen.

Alpine Karbonat- und sonstige mesozoische Sedimentgesteine dominieren mit 90% Anteil. Lokale Malmkalke sind nur zu 2% vertreten, und Phonolithe fehlen völlig.

Von Bedeutung sind die folgenden Arten von Leitgeröllen:

- violetter Spilit (es wurden bisher 8 Exemplare gefunden)
- grüner Spilit, relativ häufig, vermutlich aus der «Verrucano»-Decke
- Taveyannazsandstein, relativ häufig zu finden
- Glarner Verrucanogesteine, sehr deutlich vorhanden
- Quarzporphyre

Ophiolithe sind eher selten, Diallag-Gabbro wurde nicht gefunden, Juliergranit ist nicht sehr häufig, wie auch Aaregranit und Hornblendediorite. Deutlich vorhanden sind abgerollte Stücke von Speernagelfluh.

Von Interesse ist auch der Fund eines Gerölls aus dichtem, hartem vulkanoklastischem (ignimbritischem?) Gestein mit grauschwarzer, feiner Grundmasse und rötlichen Einsprenglingen, das Ähnlichkeit mit gewissen Gesteinen aus der Gegend von Lenzkirch (Schwarzwald) hat, aber vermutlich aus der Zone der Quarzporphyre im Glarner Freiberg stammt. Je ein gleichartiges Geröll wurde in der Kiesgrube im Rinnenschotter von Hallau und in der Grube Steinacker (Marthalen) gefunden.

Der Schotter am Lusbüel besteht offensichtlich aus Walensee-Linthgletscher-Material ohne Beteiligung des Bodensee-Hegau-Rheingletschers.

Violetter Spilit wurde auch im Schotter der Kiesgrube Hardfluh (W des Buechbüels (2 km WNW des Rheinfallbeckens) gefunden (moränennah).

2.4 Komplex der Klettgau-Schwemmlehme

Im Klettgau liegt über der Rinnenschotterfüllung verbreitet eine bis über 20 m mächtige Decke aus vorwiegend feinkörnigen Ablagerungen (Lehme, Silte, Sande), die früher für Löss gehalten wurden (vergl. Fitze 1973, Hofmann 1981). Sie sind jedoch als schlammige Absätze in gestautem Wasser zu deuten und enthalten auch Lagen von Sanden, Schottern, Moränen und Hangschutt.

2.4.1 Östlicher Oberklettgau, nördliche Talflanke (Beringen)

Längs der Nordflanke des Oberklettgautales, zwischen Beringen und der Tüfels-Chuchi erstreckt sich eine Zone von Schwemmlehmen und -silten, die auf Blatt 1031 Neunkirch des geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 als «randglaziäre Schwemmlehme und Moränen» bezeichnet wurde. Die zahlreichen seither möglich gewordenen Einblicke bestätigen diese Aussage und erlauben das folgende, wesentlich vervollständigte Bild:

Schwemmlehme und -silte dominieren. Darin ein- oder auch angelagert finden sich die nachstehend aufgeführten Bildungen:

- Schotterlagen: Am westlichen Unterstieg liegt alpiner Schotter auf 485 müM, W Benzen auf 450 bis 460 m. Besonders interessant sind die Kiesvorkommen, die in der Grube Hüllsteinwiesen zum Vorschein kamen (Fig. 4).

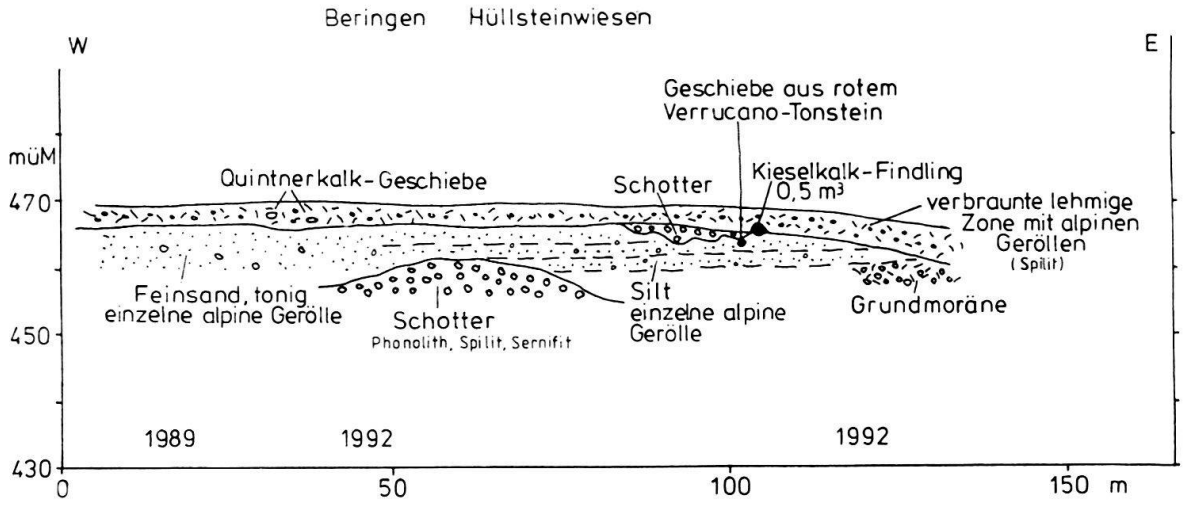

Fig. 4. Längsprofil durch das Gebiet Hüllsteinwiesen 1,6 km E Beringen.

- Malmkalk-Hangschutt: Von der Talflanke stammender Hangschutt wurde im Querschnitt von Usserberg von 445 bis 455 und bei 465 müM angetroffen, ebenso W Benzen, hier unterlagert von verbraunten, völlig entkalkten, lehmig-sandigen Lagen. Malmkalkschutt mit eckigen Verrucano-Brocken vom Glarner Typ war 1987 am östlichen Unterstieg zu beobachten.
- Über 5 m mächtige Partien von gut gewaschenem, silbergrauem Sand alpiner Herkunft traten in einer Baugrube bei Benzen (1992) und wenig östlich davon in der Baugrube Hüllsteinwiesen (1989, Fig. 4) zutage.
- Moränenartige Bildungen mit alpinen Geschieben waren im östlichen Teil der Grube Hüllsteinwiesen (460 müM, Fig. 4) und in jener von Beringen-Wiesental (450 müM, 1987) zu sehen, sehr ausgeprägt 150 m N Usserberg (470–490 müM, 1993).

2.4.2 Beringen-West

In einer Baugrube wurde Malmkalkschutt des aus dem Liblosental austretenden Fächers erschlossen, der über siltigem Schwemmlehm mit darin «schwimmenden», isolierten, eckigen Geschieben aus Quintnerkalk lagerte (vergl. dazu 2.4.5.2).

2.4.3 Östlicher Oberklettgau, südliche Talflanke

In der Baugrube der Kehrichtaufbereitungsanlage Hardau wurden 1971 etwa 8 m stark verbraunte Schotter angetroffen (Obergrenze 460 müM); 1987 wurden 200 m weiter WSW davon lehmig-sandige Bildungen mit Malmkalk- und Deckenschotter-Brocken gefunden. Im südlichen Teil der grossen Kiesgruben SE Beringen werden die Rinnenschotter von etwa 2 m Sand bis Silt mit Geröll-Lagen überdeckt, welche Zone ihrerseits von bis zu mehreren Metern stark verbrauntem Lehm mit alpinen Geröllen (völlig entkalkt) überlagert wird. Es handelt sich möglicherweise um eine Moränenbildung, teilweise vielleicht auch um Hanglehm, und der ganze Komplex könnte der Zone der Schwemmlehme entsprechen. Im obersten Teil der Lehmdecke wurden vereinzelte grössere, alpine Geschiebe gefunden (Kieselkalk), schon 1968 auch ein 20 cm grosses Geröll aus Taveyannazsandstein.

2.4.4 Löhningen

In einer Baugrube 160 m WSW der Kirche Löhningen waren anfangs 1989 und wiederum 1993 tiefgründig entkalkte Silte und Lehme erschlossen, überlagert von bis zu 1 m entkalktem, sandigem Geschiebelehm mit alpinen Komponenten.

2.4.5 Region Neunkirch

2.4.5.1 Schmerlat

Am Schmerlat waren vor 100 Jahren in der Grube der damaligen Ziegelei Waldhof-Schmerlat über den Rinnenschottern gegen 30 m Schwemmlehme und Bändertone mit Lagen von Schottern und Geschiebehorizonten mit gekritzten Geschieben zu beobachten. Penck, der 1896 darüber berichtete, schloss daraus, «dass sich die vorletzte grosse Vergletscherung bis in das Klettgau, nämlich mindestens bis zum Schmerlat erstreckte».

2.4.5.2 Neunkirch Bergkirche

Im oberen Teil einer grossen Baugrube, die 1989 den ganzen Hang E der Bergkirche Neunkirch erschloss (Fig. 5), wurden in äusserst feinem, praktisch sandfreiem Schwemmlehm bis 15 kg schwere, gekritzte Geschiebe aus Quintnerkalk gefunden, aber auch ein Kristallingeröll (Granitgneis), ein solches aus Ölquarzit und ein Geschiebe aus violettem Verrucanoschiefer.

Im unteren Teil der Baugrube, unter einer Trennschicht aus verbrauntem Sand, lag wiederum Schwemmlehm, und an dessen Basis 2 m Geschiebelehm mit Fragmenten von Quarzporphyr, Verrucanoschiefer, Verrucanokonglomerat, grünem Spilit, Kieselkalk u.a.m., tiefgründig verbraunt und entkalkt.

In einer Baugrube weiter westlich (Lätten) kam 1989 über gelbem Lehm eine ebenfalls etwa 2 m mächtige Geschiebelehmschicht zum Vorschein, mit Geröllen und eckigen Geschieben aus rötlichem Verrucano, Quarzit (Sardonatyp), ausgelaugtem Kieselkalk und Quarzsandstein vom Melsertyp. Auch dieses Vorkommen war völlig entkalkt.

Weiter NW des Hügels der Bergkirche wurden wiederholt Schwemmlehme angegraben.

2.4.5.3 Neunkirch, Hungerbuck und Gigenbuck

Auf dem Hungerbuck, ca. 1,7 km WSW Neunkirch, wurde früher und auf dem Gigenbuck (P. 435.2) wird heute Schwemmlehm abgebaut, der dort mindestens 10 m mächtig

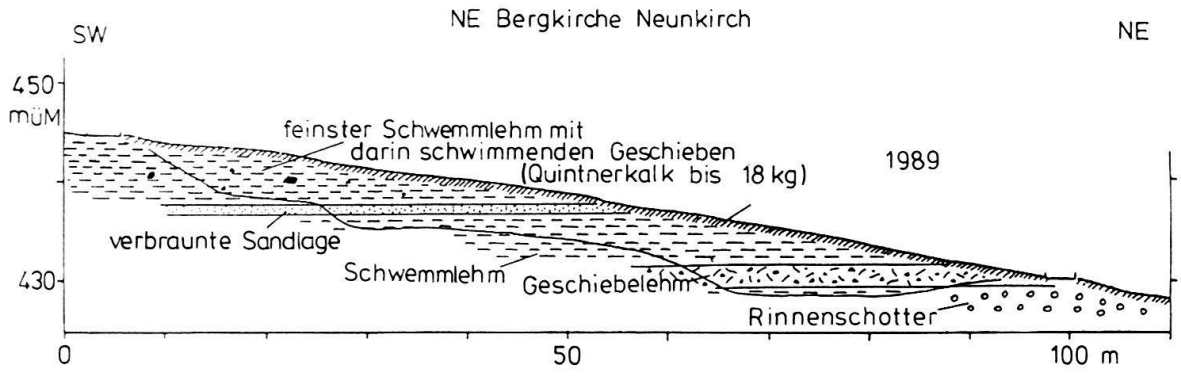

Fig. 5. Profil durch den Hügel der Bergkirche Neunkirch: Klettgau–Schwemmlehm.

ist (Keller AG Ziegeleien, Werke Pfungen und Paradies). Der Lehm ist etwas sandig, stark verbraunt und gegen oben kalkfrei und enthält dünne Lagen von ausgelaugten, karbonatfreien Geröllresten (unter 5 cm ∅) vom Linthgletschertyp. In tieferen, sandigen Lagen der Grube Gigenbuck finden sich Schalen kleiner, niedrigtrochoider Landschnecken (Typus *Retinella,* nicht näher bestimmt).

2.4.6 Oberhallau

Im Pünt unmittelbar NNW Oberhallau war 1988 in zwei 30 m auseinanderliegenden Gräben unter 1 bis 1,5 m braunem Schwemmlehm ein Geschiebehorizont aufgeschlossen, der nebst Trümmern lokaler Gesteine folgende alpinen Komponenten enthielt: splittrige Quintnerkalke bis 40 mm, Kieselkalk und sonstige alpine Kalke, violetten Verrucanoschiefer, einen rötlichen Granit und ein Stück Grünschiefer.

2.4.7 Region Hallau

2.4.7.1 Baugrube Alters- und Pflegeheim Hallau

Anfangs 1984 hatte der Verfasser Gelegenheit, für das Geotechnische Büro Dr. von Moos AG, Zürich, Sondierbohrungen für das neue Alters- und Pflegeheim Hallau zu begutachten. Eine Kernbohrung im unteren Teil des Areals ergab folgendes Profil:

0 – 1,5 m	Keupermergel, abgesackt oder abgeschwemmt
1,5 – 2 m	gelber Lehm
2 – 2,5 m	gelber Lehm mit alpinen Geschieben
2,5 – 8,5 m	gelber Schwemmlehm, vereinzelt wenige Millimeter starke Sandlagen, von Schilfsandstein abstammend
bei 8,5 m	dünne Lage feinen alpinen Sandes, Molasseprovenienz
8,5 – 10,5 m	gelber Schwemmlehm

Die Geschiebelage zwischen 2 und 2,5 m Tiefe enthielt nebst Trümmern aus lokalen Keupersteinmergeln (Dolomit) und Liaskalken zahlreiche, vorwiegend eckige und teilweise gekritzte Geschiebe alpiner Herkunft. Eine Zählung dieses Anteils ergab: 2% Nagelfluh, Speertyp, 2% Taveyannazsandstein, 18% Quintnerkalk bis 12 cm, 30% sonstige alpine Kalke, 8% Kieselkalk, 3% Glarner Verrucano, 8% Gangquarz, 3% Radiolarit, 5% Diorit und Granit, 3% Quarzporphyr, 5% Gneis. Es handelt sich offensichtlich um Linthgletscher-Geschiebe.

2.4.7.2 Hallau Kläranlage

Auch in dieser Baugrube war 1975 unmittelbar über dem Rinnenschotter Geschiebelehm mit alpinen Komponenten erschlossen.

2.5 Besondere Moränen- und Geschiebevorkommen

2.5.1 Ergoltingertal

Im Ergoltingertal ESE Neunkirch befindet sich an der rechten Talflanke SW des Vorderen Häming eine Grube im Malmkalkhangschutt (siehe auch Hofmann 1981). Im oberen Teil des Vorkommens fällt ein hoher Gehalt an alpinen, vorwiegend eckigen Geschieben auf, mit gekritzten Quintnerkalken bis 20 cm. Eine Zählung der alpinen Komponenten ergab folgendes Resultat: 26% Quintnerkalke, 21% sonstige alpine Kalke, 14% Kiesel-

kalk, 2% Taveyannazsandstein, 8% konglomeratischer Glarner Verrucano, 11% Verrucanoschiefer, je 1% Quarzporphyr, Granit und kristalline Schiefer nebst Quarziten, Gangquarzen und sonstigen Gesteinen. Die Zusammensetzung spricht eindeutig für Linthmaterial. Es handelt sich um das einzige Vorkommen dieser Art im Hangschutt.

2.5.2 Kiesgrube Hungerbuck-Toktri WSW Neunkirch

Auf der Westseite der Kiesgrube NW des Hungerbucks war 1992/93 über Rinnenschotter typische Moräne mit eckigen Geschieben sichtbar. Im N-Teil der Grube lagern über dem Schotter verbraunter, lehmiger Sand und stellenweise etwas Malmkalkschutt.

2.5.3 Wilchingen

Im Februar 1993 erschloss eine rund 40 × 40 m grosse Baugrube ca. 200 m WNW der Bergkirche Wilchingen überraschenderweise einen bis 5 m mächtigen Komplex aus zähem, dicht gelagertem, tonigem bis leicht sandigem Lehm mit unregelmässig verteilten geschiebereichen Partien, wobei insbesondere bis 22 cm grosse, plattige, völlig eckige Stücke von dunkelweinrotem Verrucano-Silt/Sandschiefer auffielen. Die Serie war völlig kalkfrei ausgelaugt. Geröllspektrum: 6% Flyschsandstein, 5% Quarzit (Sardonatyp), 36% ausgelaugte Kieselkalke und sonstige alpine Sandsteine, 2% Sandsteinquarzit, dicht, 16% Hornsteine, Ölquarzite und sonstige dichte Kieselgesteine, 7% Buntsandstein (Melsertyp und ähnliche), 1% Verrucanoschiefer, phyllitisch, 5% Sernifit (konglomeratisch bis fanglomeratisch), 7% Gangquarze, 10% Gneise, 6% Amphibolite, Ophiolith+, Porphyrit+.

Herr Prof. A. Schreiner, mit dem die Stelle besucht wurde und der später auch eine Einregelungsmessung durchführte, möchte die Ablagerung als Fliesserde deuten, vom Deckenschotter der Bergkirche abstammend. Der Verfasser fasst sie eher als echte Linthmoräne auf, da die gefundenen eckigen Verrucano-Sandschiefer kaum aus dem Deckenschotter herzuleiten sind.

Im Umfeld dieses Vorkommens kamen seit 1970 in mehreren Baugruben im Nord- und Südteil von Wilchingen und ca. 800 m ESE davon immer wieder vergleichbare moränenartige Ablagerungen zum Vorschein. Auch Findlinge (Quarzit bei Tutteren ESE Wilchingen, Seewerkalk im Talacker E der Bergkirche) bekunden die Anwesenheit des Gletschers in der Gegend.

2.5.4 Gächlingen

In mehreren Baugruben ergaben sich seit 1971 auf dem Hügel P. 488.3 (Hanenbüel) viele Einblicke in ein dortiges, mehrere Meter mächtiges Vorkommen von Malmkalkschutt (Fig. 6) mit eckigen Blöcken von Oxfordkalken bis zu 40 cm Kantenlänge ohne jede Spur von Abrollung (Beobachtung 1989). Gelegentlich enthält die Ablagerung auch alpine Gerölle. Sie wird von einem braunen Bodenhorizont überdeckt.

Diese Anhäufung von Malmkalkschutt liegt rund 2 km und mehr von den nächsten entstehenden Vorkommen von Malmkalk entfernt (Schlossranden und Chornberg NE und E Siblingen). Sie kann wohl nur als Lokalmoräne gedeutet werden. Mutmassliche Herkunft: Churztal NNE Siblingen. Die Existenz von Lokalmoränen am Randen wurde auch von Hantke 1987 postuliert.

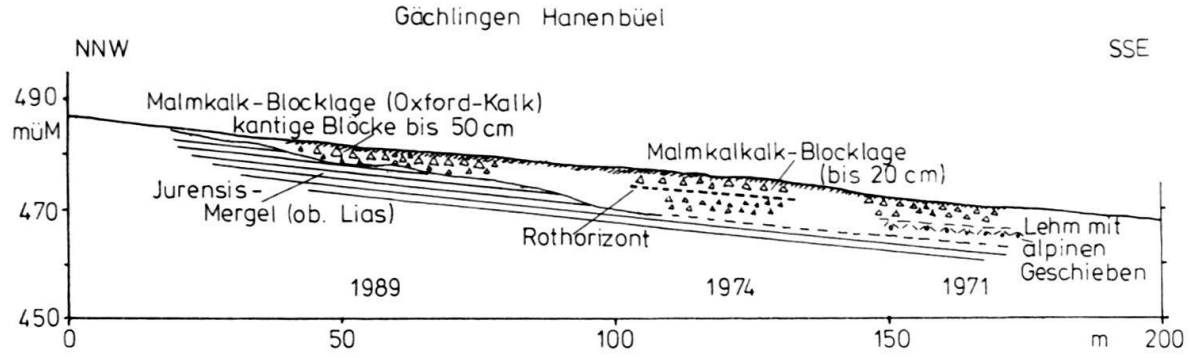

Fig. 6. Profil durch das Gebiet der mutmasslichen Lokalgletschermoräne von Gächlingen.

Vergleichbare Ansammlungen von Malmkalkschutt, die nicht als Hangschutt betrachtet werden können, existierten im Gebiet Tenterenberg (Siblingerhöhe). Sie waren beim dortigen Abbau von Opalinuston sehr gut aufgeschlossen, wurden dabei aber auch weitgehend abgetragen (siehe auch Blatt 1031 Neunkirch des geol. Atlas der Schweiz 1:25 000).

Im Vorkommen Gächlingen war 1974 eine tonige Rotzone sichtbar (Fig. 6), die geblähte Malmkalkfragmente führte, wie sie vom Verfasser 1972 vom Räckholterenbuck (Lang Randen) beschrieben und als Resultat einer Erhitzung, möglicherweise durch Waldbrandeinfluss, angesehen wurden. Die bei Gächlingen gefundenen, vergleichbaren Fragmente könnten ohne weiteres durch Gletschertransport vom Lang Randen her zugeführt worden sein (sie sind sicher älter, als damals angenommen).

2.5.5 Schleitheim

Das Gebiet von Schleitheim liegt zwar ausserhalb des eigentlichen Klettgaus, aber es bestehen doch erhebliche quartärgeologische Beziehungen. Insbesondere wurden im Laufe der Zeit wichtige Moränen und moränenartige Vorkommen bekannt. Sie sind bis auf einzelne Geschiebe karbonatfrei ausgelaugt und enthalten Komponenten, die auf Zufuhr durch den Linthgletscher schliessen lassen.

Wichtigste Fundstellen:

- Hebsack (alemannisches Gräberfeld), mehrere Baugruben und Leitungsgräben, mit beträchtlichem Gehalt an Grobsand aus dem lokalen Sandsteinkeuper
- Baggenbrunnen, mit Schwarzwaldgeschieben als (umstrittene) Lesesteine
- Glegg, ebenfalls mit umstrittenen Schwarzwald-Lesesteinen
- Lendenberg, Baugruben 1980 (mit Schwarzwaldgeschieben?) und 1993
- Gündistel, nach Hübscher 1945, der «Über eine Moräne der grössten Vergletscherung im Schleitheimertal» anlässlich einer Weganlage berichtet (Findlinge bis 50 cm aus Juliergranit, Quarzsandstein, Verrucanosandstein rot, schiefrig, Kieselkalk, Taveyannazsandstein u.a.m.)

Die Vorkommen belegen eine schon beträchtliche Tiefenerosion im Schleitheimertal zur Zeit des Gletschervorstosses über den Hallauerberg.

3. Mischschotter des Bodensee-Hegau-Rheingletschers und des Linthgletschers im Rheingebiet zwischen Schaffhausen und der Thurmündung

Vor einigem Interesse für die Deutung der Geologie und der Landschaftsgeschichte des Klettgaus ist das Auftreten von Hegau-Bodensee-Rhein- und Linthgletscher-Mischschottern im Gebiet zwischen Schaffhausen und der Thurmündung und darüber hinaus über das Rafzerfeld bis mindestens in die Gegend von Zurzach (vergl. Hofmann 1977, 1985 und Fig. 7d).

In der Kiesgrube im Rhinauerfeld (360 bis 385 müM) findet man Gerölle von violettem Spilit, von Taveyannazsandstein und von Glarner Verrucanogesteinen, daneben aber stets auch solche von Hegau-Phonolith. Der Schotterkomplex wird von einem bis 10 m mächtigen, muldenartig eingelagerten, geröllführenden, zähen Lehm überdeckt, mit hohem Anteil an Kalkgeröllen, aber auch mit einzelnen Geröllen aus violettem Spilit. Über dieser moränenartigen Bildung liegen ca. 2 m grobblockiger Schotter mit Phonolithgeschieben.

Gleichartige Mischschotter wie im Rhinauerfeld findet man auch SSW Marthalen. In der Grube Steinacker liegt auf knapp 370 müM eine ausgesprochene Blocklage mit grösseren Findlingen. Es wurden Spilitgerölle bis 6 kg und ein Phonolithblock von 18,5 kg Gewicht gefunden, ebenso ein 70 cm langer Block aus Rofnaporphyr. Daneben findet man relativ häufig Juliergranit, Speernagelfluh, Taveyannazsandstein, Hornblendediorite, Serpentinit, seltener Diallag-Gabbro und Pillow-Laven, etwas Ilanzer-Verrucano und nur wenig Sernifit. Taveyannazsandstein und Phonolith wurden als Gerölle in den Schotterterrassen von Lottstetten und Dachsen angetroffen, zwei grössere Taveyannaz-Gerölle trotz eingeschränkter Aufschlussverhältnisse auch im hochgelegenen Schotterrest des Rundbucks (Neuhausen a. Rhf.).

Besonders bedeutsam ist der Fund eines Gerölls aus violettem Spilit (12 cm) aus der Schotterfüllung der in den Malmkalk eingetieften Rinne, die von Schaffhausen zum Rheinfallbecken verläuft (Fig. 1, 7a). Es wurde im März 1993 bei der Anlage von bis zu 8 m tiefen Bohrlöchern für Fundationen in der Baugrube Ecke Schwertstrasse/Bahnhofstrasse in der Schaffhauser Altstadt gemacht. Das Geröll ist ein Indiz dafür, dass Linthmaterial über die schon vorhandene Rheinfallrinne bis ins Stadtgebiet von Schaffhausen transportiert wurde und dass der Linthgletscher entsprechend nahe herangereicht haben musste.

4. Synthese

Wichtigstes Ergebnis der beschriebenen Beobachtungen ist der Nachweis des verbreiteten Vorkommens von Ablagerungen des Linthgletschers im Klettgau. Dieser traf im Rheinfallgebiet mit dem Bodensee-Rheingletscher zusammen, was den Ablauf der Landschafts- und Flussgeschichte der Region nachhaltig bestimmte.

4.1 Paläogeographische Grundlagen

Der *Bodensee-Rheingletscher,* für die Region Schaffhausen mit Einzugsgebiet vorzugsweise in Graubünden, nahm seinen Weg durch das Alpen-Rheintal, wo er zusätzlich Geschiebe, Sand und Pelite aus den alpinen Decken und aus der Molasse aufnahm (vergl. Geiger, 1961, 1969), in seinem nordwestlichen Bereich auch Hegauvulkanite.

Der *Walensee-Linth-Gletscher* hatte zwei unterschiedliche Einzugsgebiete: ein Teil des Rheingletschers mit Einzugsgebiet vor allem im Vorderrheingebiet spaltete sich am Gonzen bei Sargans (Hantke 1970, 1992) vom Bodenseeteil ab und floss über das Walenseetal (bei zusätzlicher Geschiebeaufnahme) nach Westen. Er vereinigte sich im Gebiet der Linthebene mit dem aus dem Glarner Sernf- und Linthtal zufliessenden Eis. Der östliche, rechtsseitige Teil des vereinigten Gletschersystems mit (nach Hantke) mindestens 80% Anteil an Rheineis und entsprechenden Geschieben floss über das Zürcher Oberland nach Norden und erreichte – wie die vorliegende Arbeit zeigt – den Klettgau und sogar das Wutachgebiet.

4.2 Die Bedeutung und Art der Leitgeschiebe und -gerölle

4.2.1 Linthgletschergeschiebe und -leitgesteine

Die typischen Leitgesteine des Linthgletschers, wenn auch mit unterschiedlichem Leitwert, stammen aus den Glarneralpen und zum geringeren Teil auch aus dem Walenseegebiet. Von erstrangigem Interesse sind vor allem die permischen Ergussgesteine der Verrucanodecke des Glarner Freiberges (Oberholzer 1933, Amstutz 1954). Eine vor allem herkunftsbezogene Studie an Spilitgeröllen aus dem Verbreitungsgebiet des Linthgletschers im Bereich des Kantons Zürich stammt von Zhang et al. 1981. Vom Verfasser wurden zu Vergleichszwecken Referenzproben im Herkunftsgebiet aufgesammelt.

– *Violetter Spilit («Melaphyr», Mandelstein)*
Dieses Gestein kommt vor allem in den Glarner Freibergen (Kärpfgebiet, Bergligrat, Charenstock, Gandstock) und auf der Ostseite des Sernftals NE Matt vor. Kleine Vorkommen im Gebiet Vorab-Panixerpass dürften im Vergleich dazu weder als Lieferanten von Geschieben des Linthgletschers noch des Rheingletschers von nennenswerter Bedeutung gewesen sein. Sie wären auf der Rheingletscherseite ohnehin eher Richtung Walensee transportiert worden.

Für die eigenen Untersuchungen waren Gerölle aus violettem Spilit das wichtigste Kriterium, eine Lockergesteinsablagerung als eine solche des Linthgletschers zu identifizieren. Sie sind unverwechselbar, kommen aber in der Region Schaffhausen – wenn sie vorhanden sind – angesichts der starken Verdünnung des Original-Linthmaterials durch Gerölle aus Graubünden und zum Teil durch zusätzliches Material aus dem Bodensee-Rheingletscher-System (Klettgau-Rinnenschotter) anzahlmässig nur bis zu etwa 25 ppm vor. Es ist deshalb nötig, Einblick in eine entsprechend grosse Zahl von Geröllen nehmen zu können, was fast nur in Kiesgruben möglich ist (von Glücksfällen abgesehen). Mit der Zeit erlaubt es aber die Erfahrung, auch andere, mit violetten Spiliten vergesellschaftete Gerölle als zuverlässige Zeugen des Linthgletschers zu bezeichnen (im Sinne einer Art «Geröllsoziologie»).

– *Grüne Spilite*
Grüne Spilite sind weit weniger leicht zu identifizieren und von vergleichbaren Gesteinen anderer Herkunft (Oberhalbstein, Aroser Schuppenzone) zu unterscheiden. Es wurde deshalb nicht auf solche Gerölle abgestellt.

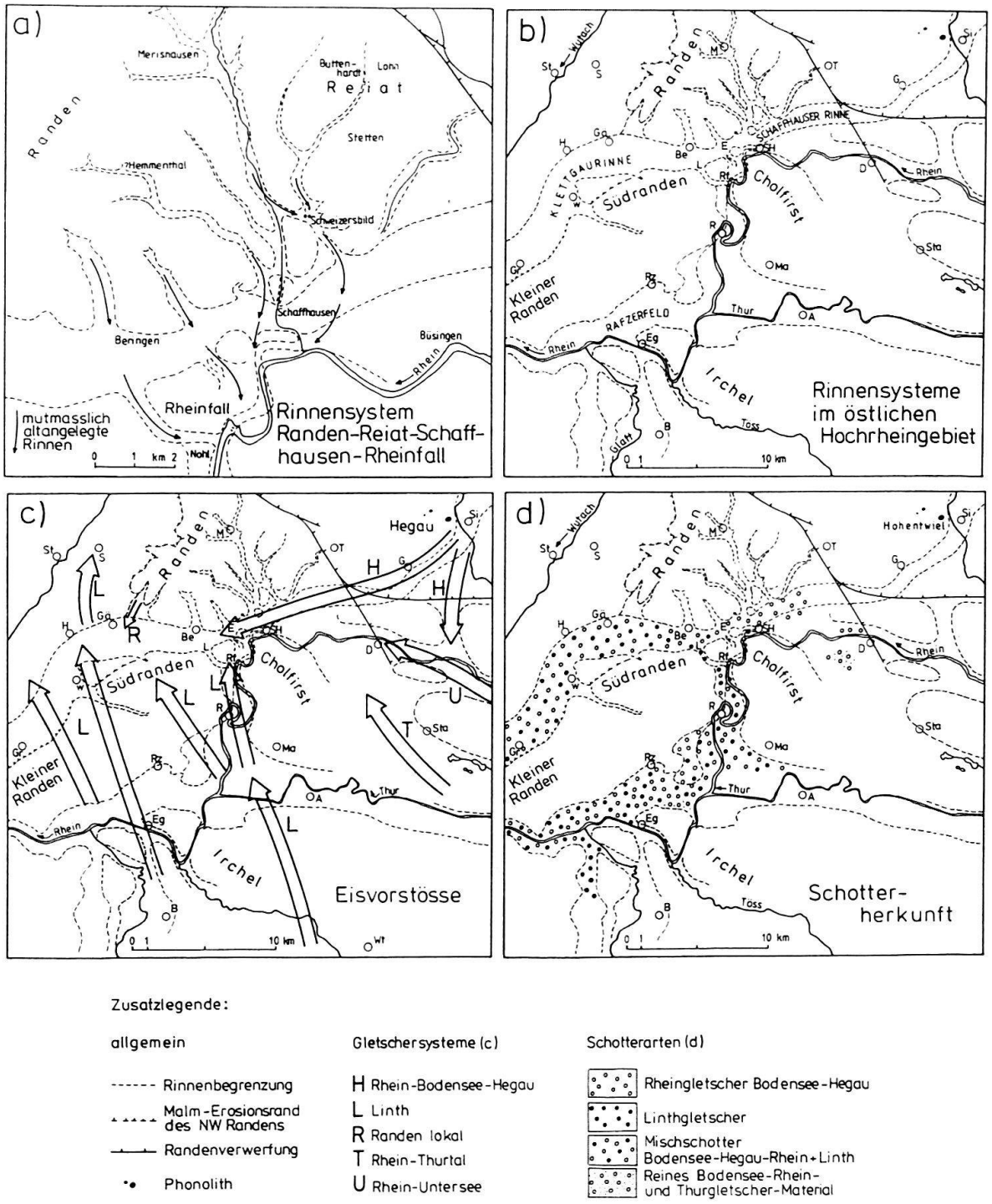

Fig. 7. Paläogeographische Skizzen zur Quartärgeologie des östlichen Hochrheingebietes: Rinnensysteme, Rinnenschotter und postdeckenschotter-/präwürmzeitliche Eisvorstösse. Darstellung der Rinnensysteme unter Mitbenützung von Unterlagen bei Freimoser & Locher 1980, Schindler 1982/85 und Schreiner 1970.
A = Andelfingen, B = Bülach, Be = Beringen, D = Diessenhofen, E = Engi, Eg = Eglisau, G = Gottmadingen, Gä = Gächlingen, Gr = Griessen, H = Hallau, M = Merishausen, Ma = Marthalen, R = Rheinau, Rf = Rheinfall, Rz = Rafz, S = Schleitheim, SH = Schaffhausen, Si = Singen, St = Stühlingen, Sta = Stammheim, T = Thayngen, W = Wilchingen, Wt = Winterthur.

– *Quarzporphyre*
Gerölle aus Quarzporphyren, wie sie im Gebiet der Glarner Verrucanodecke relativ häufig vorkommen, können im Bereich des Linthgletschers ebenfalls gefunden werden. Auch entsprechende Gesteine aus dem Pizolgebiet konnten an der Diffluenz von Sargans bevorzugt ins Walenseegebiet und damit zum Linthgletschersystem geleitet werden. Die Quarzporphyre sind aber nicht ohne weiteres von sehr ähnlichen Gesteinen im Gebiet NW Bergün zu unterscheiden und haben deshalb nur sehr eingeschränkten Leitwert.

– *Taveyannazsandstein*
Entsprechend seiner weiten Verbreitung im Gebiet des südlichen Sernf- und Linthtals (de Quervain 1928, Oberholzer 1933, Styger 1961) tritt Taveyannazsandstein in Ablagerungen des Linthgletschers wesentlich häufiger auf als die permischen Vulkanite. Gerölle aus diesem typischen, gefleckten, graugrünen, vulkanogenen Gestein wurden schon von Schalch (1921) als Leitgestein des Linthgletschers betrachtet, von ihm aber in der Klettgaurinne erst ab Griessen beobachtet, weil damals im Schaffhauser Klettgau noch keine grossen Kiesgruben existierten.

– *«Sernifit», Glarner Verrucano*
Glarner «Sernifite» s. l., die schon von Schalch (1921) als Linthgletscher-Leitgesteine betrachtet und von den ostalpinen Verrucanoarten unterschieden wurden, kommen im Klettgau an den gleichen Lokalitäten vor wie Taveyannazsandsteine, aber naturgemäss häufiger. Man findet konglomeratische bis brekziöse Gesteine, Fanglomerate, siltig-sandige, oft weiche, plattige Gesteine (vor allem in Moränen erhalten) und karminrote bis violette, oft glänzende Schiefer, wie sie im Verrucanogebiet häufig sind, ganz allgemein sämtliche Typen, wie sie in der Verrucanodecke vorkommen und von Oberholzer (1933) und von anderen Autoren beschrieben wurden.

Typische Glarner Verrucano-Gerölle fehlen östlich von Schaffhausen. Eine gewisse Vorsicht ist am Platz, weil ähnliche Gesteine in der Gegend von Bergün vorkommen.

– *Speernagelfluh*
Gerölle aus stark zementierter Speernagelfluh fehlen kaum in Schottern, die vom Linthgletscher abstammen.

– *Quintnerkalk*
Quintnerkalke des helvetischen Malms sind auffallend häufige Geschiebe in den beschriebenen Moränenvorkommen und Schwemmlehmen. Sie sind zwar kein eigentliches Leitgestein, hatten aber ein bedeutendes Einzugsgebiet im Seez- und Walenseetal und im Glarner Haupttal.

4.2.2 Leitgeschiebe des Bodensee-Rheingletschers

Wichtigstes Leitgestein des Bodensee-Rheingletschers für das Untersuchungsgebiet ist der transportresistente *Hegau-Phonolith,* der aber in den Deckenschottern bis jetzt nicht gefunden wurde. In den Mischschottern des Klettgaus und südlich des Rheinfalls ist er der alleinige sichere Zeuge für Zumischung von Bodensee-Rheingletscher-Material.

4.3 Diskussion der Befunde

4.3.1 Jüngere Deckenschotter

Bei dem im Deckenschotter am «Spitz» zwischen Wilchingen und Osterfingen gefundenen Taveyannazsandstein-Geröll ergibt sich der Verdacht, ein Teil dieser Schotter könnte aus Richtung Wangental geschüttet worden sein. Es ist ohne weiteres denkbar, dass dieses Tal (nebst weiteren Randentälern) damals schon existierte und beträchtlich eingetieft war.

4.3.2 Klettgau-Rinnenschotter

Es wurde postuliert, die Klettgaurinne wäre im Oberklettgau bis auf 490 müM mit Rinnenschotter aufgefüllt und dieser später wieder auf die heutige Talsohle erodiert worden (Krayss 1988, Verderber 1992). Nach den eigenen Befunden ist dies wenig wahrscheinlich (siehe dazu 2.4). Entsprechend anzunehmende hochgelegene Schotterreste auf der nördlichen Talseite fehlen. Dies gilt auch für das Liblosental.

Die Blockzone in den Rinnenschottern des Oberklettgaus auf knapp 440 müM zeigt ein markantes Ereignis an. Im Sinne einer 1977 präsentierten Vorstellung deutet sie darauf hin, dass beim Vorstoss des Bodensee-Hegau-Rheingletschers aus E in die Klettgaurinne der Oberklettgau zeitweilig den Charakter eines Zungenbeckens gehabt haben könnte (siehe auch Hantke 1987).

Im Rinnenschotter treten wohl nur als Linthgeschiebe zu erklärende Taveyannazgerölle schon im Oberklettgau auf, und zwar über und (selten) auch unter der Blockzone; Spilit findet sich erst weiter westlich. Diese Gerölle künden den von S her vorrückenden Linthgletscher an.

4.3.3 Die Stellung des Lusbüelschotter-Komplexes

Im Zusammenhang mit dem Vorstoss des Linthgletschers in den Klettgau und der Sedimentation der Schwemmlehme sind auch die Entstehung und die Stellung des Lusbüelschotter-Komplexes zu diskutieren.

Die Lusbüelschotter sind aufgrund ihres Geröllbestandes dem Linthgletschersystem zuzuordnen. Sie lagern seitlich auf hochgelegenem Tafeljura auf. In der Achse Lusbüel-Brentenhau ist jedoch kein Felsunterbau zu erkennen, und am Lusbüel selbst sind die Lockergesteinsablagerungen rund 100 m mächtig und reichen durchgehend von der Klettgau-Talsohle bis auf über 550 müM. Daraus lässt sich vom Klettgau her über den Lusbüel und den Brentenhau Richtung Rundbuck und Nohl eine Rinne im jurassischen Felsuntergrund ableiten (vergl. Hübscher & Heim, Geologische Karte 1:10 000 Rheinfall, 1931, Bütler 1941, Hübscher 1950), die zudem als südliche Fortsetzung des Liblosentals (N Beringen) gedeutet werden könnte. Dieses Quersystem wäre dann schon vor der Klettgaurinne angelegt worden (Fig. 1, 7a).

Der Lusbüel-Komplex ist nicht einheitlich aufgebaut (Fig. 3). Die untere, bis 485 müM reichende Geröllzone kann man sich als Vorstoss-Schotter vorstellen, die von Süden her durch die genannte Rinne in den Oberklettgau geschüttet wurden und sich zunehmend dem Klettgau-Rinnenschotter beimischten. Die Schotterzufuhr dürfte auch noch angehalten haben, als im Oberklettgau bereits Wasser und Eis vorhanden waren und Schwemmlehm sedimentierte. Später folgten vermutlich Eisvorstösse des Linthglet-

schers bis an die Nordflanke des Tales, was Moränen, Findlinge und Leitgeschiebe andeuten. Auch die Vorkommen höherer Geröllschichten innerhalb der Schwemmlehme am Schmerlat (Penck 1896) passen in dieses Bild.

Die markante Sandzone am Lusbüel zwischen 485 und 500 m (Fig. 3), die über Moräne lagert, könnte das Ausklingen des Lintheisvorstosses nach Norden anzeigen, und die obere Schotterzone am Lusbüel (über 500 m) wäre bereits als Rückzugsschotter zu deuten, der sich möglicherweise an einer Toteisbarriere im Oberklettgau akkumulierte.

4.3.4 Die Stellung des Engischotter-Komplexes

Der Engischotter-Komplex, der den Oberklettgau gegen Osten abschliesst, entspricht in seinem Aufbau weitgehend jenem des Lusbüelschotter-Komplexes, besteht aber aus Bodensee-Rheingletscher-Material. Die abrupte Begrenzung gegen W ist am ehesten durch Lintheis zu erklären, das in der Engi das Tal bereits erreicht hatte und dort den Rheingletscher blockierte.

Die Sandzone, die auch im Engi-Komplex in gleicher Höhenlage auftritt wie am Lusbüel und an der Basis ebenfalls Moränenlagen aufweist, wäre somit gleichfalls in eine Zeit der Stagnation des Eisvorstosses zu stellen.

4.3.5 Entstehung und Umfeld der Klettgau-Schwemmlehme

Beim allgemeinen Vorstoss der vorwürmzeitlichen alpinen Gletscher hatte der Aaregletscher bei Waldshut den Südfuss des Schwarzwaldes erreicht und das Klettgautal abgeriegelt und liess darin einen rund 25 km langen, bis nach Schaffhausen reichenden Stausee entstehen (Hofmann 1981, Verderber 1992), in dem sich tonige und siltige Trübstoffe und auch Sande ablagerten.

Es ist offensichtlich, dass auch der Linthgletscher zu dieser Zeit das Klettgautal von Süden her erreicht hatte. Auf dem Südranden ist dieser Vorstoss durch Moränen und Findlinge dokumentiert, und auch die Linthgeschiebe im Hangschutt des Ergoltingertals passen in dieses Bild. Die beschriebenen, aus Linthmaterial bestehenden Lagen von Geschiebelehmen, die stellenweise unter, in und auf dem Klettgau-Schwemmlehm gefunden wurden, zeigen, dass Eis auch ins Klettgautal selbst vorgestossen war (vergl. auch Penck 1896).

Die im Schwemmlehm zerstreut und isoliert auftretenden Einzelgeschiebe (spez. Beringen, Neunkirch) wurden offensichtlich durch Treibeis verfrachtet (siehe auch Verderber 1992). Es ist denkbar, dass auch Geschiebelehmpartien en bloc eisverdriftet wurden, doch möchte der Verfasser nicht alle Vorkommen in den Schwemmlehmen so deuten.

4.3.6 Die Verhältnisse im unteren Klettgau

Der Oberklettgau lag für den vorstossenden Linthgletscher auf der extrem rechten Seite. Im Gebiet des Unterklettgaus muss der Eisvorstoss bedeutender gewesen sein, vor allem aus Richtung Eglisau über das Gebiet zwischen zentralem Schaffhauser Südranden und dem Kalten Wangen (Fig. 7c). Davon zeugen beträchtliche Moränenvorkommen im Gebiet Bühl–Dettighofen–Buchenloo–Berwangen–Baltersweil.

Die mutmassliche Lokalmoräne von Gächlingen und ein sie erzeugender Gletschervorstoss aus dem Churztal müssten in die Zeit des von Süden her vorstossenden Linth-

gletschers eingestuft werden, während die Entstehung des Malmkalkschuttfächers von Siblingen und jener von Löhnigen und Beringen einer späteren Abschmelzphase entsprechender Lokalgletscher zuzuschreiben wäre.

4.3.7 Der maximale Vorstoss von Linth- und Bodensee-Rheingletscher

Auf der Reiathochfläche NE Schaffhausen (Stetten–Büttenhardt–Lohn) hinterliess der Bodensee-Rheingletscher, nachgewiesen durch neue Grabenaufschlüsse der Reiatwasserversorgung 1990–1991, Moränen und Geschiebe bis mindestens 660 müM, NW Schaffhausen bis etwa 610 müM. An der Randensüdflanke im Klettgau W von Beringen konnten keine alpinen Geschiebe gefunden werden.

Vermutlich ist dies darauf zurückzuführen, dass dieses Gebiet im Druckschatten der hochgelegenen Teile des Südrandens lag, was den Linth-Eisvorstoss bremste und die Stauseebildung im Klettgau begünstigte. Gleichzeitig konnten sich in den entsprechenden Randentälern Lokalgletscher entwickeln.

Man kann annehmen, dass der Linthgletscher während der vorletzten Vereisung mindestens an den Fuss des Hallauerbergs vorstiess, sind doch nördlich von Hallau alpine Geschiebe bis 460 müM zu finden.

Die Findlinge und die Geschiebestreu auf dem Wilchinger- und Hallauerberg werden von Verderber (1992) und Prof. A. Schreiner (briefliche und mündliche Mitteilungen) zusammen mit den Moränen von Schleitheim (2.5.5.) einer früheren Vereisung zugeschrieben, was durchaus denkbar, wenn auch noch nicht ausreichend belegt ist, weil verwitterte, ausgelaugte Moränenrelikte nicht notwendigerweise auf höheres Alter schliessen lassen (siehe dazu Beispiele in 2.4.5.2, 2.5.3).

5. Folgerungen zur Landschaftsgeschichte der Region Klettgau–Hochrhein

Bei aller gebührenden Vorsicht können aus den dargestellten Befunden folgende Schlüsse zur Landschaftsgeschichte der zur Diskussion stehenden Region gezogen werden:

Das Klettgautal wurde mit Sicherheit durch vor- und frühpleistozäne Vorgänge angelegt. Es stellt eine trichterförmige Öffnung im grossen Malmerosionsrand des Schaffhauser Tafeljuras längs der SE-Abdachung des Schwarzwaldes dar. Vor der Ablagerung der jüngeren Deckenschotter bestand eine von Schaffhausen mit deutlichem Gefälle nach W verlaufende Rinne. Die eigentliche, untertiefte Klettgau-Schotterrinne entstand nach der Zeit der jüngeren Deckenschotter. Dies gilt wohl auch für die parallel südlich verlaufende Thurtalrinne (vergl. dazu auch Fig. 7b und Freimoser & Locher 1980). Die in Richtung auf Schaffhausen konvergierenden Rinnen der Randentäler (Fig. 7a) waren offenbar schon vor der Beschotterung mit Linth-Rhein-Mischmaterial vorhanden.

Das Auftreten von Mischschottern aus Bodensee-Hegau-Rheingletschergeröllen und aus Linthmaterial sowohl im Klettgau wie im Hochrheingebiet deuten darauf hin, dass diese beiden Rinnen während der gleichen Phase der vorwürmzeitlichen Vorstösse der beiden Gletschersysteme (Fig. 7c) und deren Rückschmelzen schon existierten und beschottert wurden. Für den damaligen Rhein dürften deshalb bezüglich seines weiteren Verlaufs durch die Klettgaurinne beziehungsweise nach Süden zeitweilig labile Verhältnisse geherrscht haben. Die Rheinablenkung war deshalb wohl kein schlagartiges Ereignis, doch verlagerte sich der Rheinlauf nach dem beginnenden Rückschmelzen der Glet-

scher definitiv nach Süden. Der Eingang zum Oberklettgau war durch die Engischotter blockiert. Nach dem Durchbruch des Rheins bei Rüdlingen zur Tössegg begann die Terrassierung der Mischschotter südlich des Rheinfalls.

Im möglichen Ablauf der eiszeitlichen Ereignisse im Hochrheingebiet bleiben sehr viele Fragen offen. Es besteht jedoch der Eindruck, dass sich Vorstellungen von Schlüchter (z. B. 1987, 1988) auf diesen Fall sehr gut anwenden liessen. Dementsprechend wurde der Begriff «Riss» in der vorliegenden Arbeit vermieden.

6. Ergänzende Bemerkungen zur vorwürmzeitlichen Linthgletscher-Vereisung der Region Schaffhausen–Weinland–Thurtal

Zwischen Schaffhausen und Stein am Rhein konnten in den dortigen Kiesgruben keinerlei Indizien für Linthgletschermaterial gefunden werden. Hingegen kommen nach Geiger (1961, 1969) und Falkner & Ludwig (1904) Taveyannazgeschiebe sporadisch in Ablagerungen der Nordostschweiz vor (ohne nähere Angaben). Wegelin (1926) nennt Taveyannazsandstein aus der Gegend von Frauenfeld, von Hüttwilen und Mammern, «aber nur ein Stück mit den charakteristischen hellen Flecken». Er erwähnt auch einen Findling aus Melaphyr vom Ägelsee bei Littenheid SW von Wil SG.

Taveyannazgeschiebe könnten allenfalls aus den Flyschgebieten von Vilters S Sargans oder aus dem Taminatal stammen (Tolwinski 1910, Oberholzer 1928). Oberholzer betrachtet die dortigen Gesteine aber nicht als typische und deshalb auch nicht als echte Taveyannazsandsteine. Sie konnten ohnehin wohl nur selten und nur zufällig an der Diffluenz von Sargans den Weg über das Bodenseerheintal genommen haben.

Es ist allerdings mit Transfluenzen des seinerzeitigen Linthgletschers über den Ricken ins toggenburgische Thurtal und via Winterthur in Richtung auf den westlichen Thurgau zu rechnen (siehe dazu auch die Lage der Fundpunkte in Zhang et al. 1981). Die Befunde aus dem Klettgau werden davon kaum tangiert, doch sind entsprechende weitere Abklärungen vorgesehen. Leider sind aber vorwürmzeitliche Ablagerungen im fraglichen Vorstossgebiet sehr selten.

7. Quervergleich

Unabhängig vom Verfasser bearbeitete R. Verderber (1992) im Rahmen einer Dissertation der Universität Freiburg i. Br. das Hochrheingebiet zwischen Schaffhausen und Basel quartärgeologisch. Die den Schaffhauser Klettgau betreffenden Ergebnisse dieser Arbeit stimmen mit den eigenen Schlussfolgerungen grundsätzlich überein und lassen sich ohne weiteres koordinieren.

Verdankungen

Der Verfasser dankt den Herren Prof. Dr. C. Schindler, Zürich, und Prof. Dr. A. Schreiner, Wildtal/Freiburg i. Br. für kritische und wohlwollende Durchsicht des Manuskripts und ihre wertvollen Anregungen. Herrn Prof. Schreiner sei insbesondere für die Möglichkeit gemeinsamer Begehungen im Feld und für die Überlassung des Manuskripts der Dissertation von Herrn R. Verderber zur Einsichtnahme gedankt.

Wertvoller Gedankenaustausch, auch im Feld, bestand mit den Herren Prof. Dr. R. Hantke, Stäfa, und E. Krayss, St. Gallen.

Dem geotechnischen Büro Dr. A. von Moos AG, Zürich, sei für die Erlaubnis zur Verwertung der Daten von Bohrungen auf dem Areal des Alters- und Pflegeheims Hallau gedankt.

LITERATURVERZEICHNIS

AMSTUTZ, G. C. 1954: Geologie und Petrographie der Ergussgesteine des Glarner Freiberges. Publ. Nr. 5, Vulkaninstitut Emanuel Friedländer, Zürich.

BÜTLER, H. 1941: Exkursion des Vereins Schweizerischer Geographielehrer an den Rheinfall, 17. Mai 1941. Exkursionsunterlage.

FALKNER, CH. & LUDWIG, A. 1904: Beiträge zur Geologie der Umgebung von St. Gallen. Jb. natw. Ges. St. Gallen 1902/03, 1–200.

FITZE, P. (1973): Erste Ergebnisse neuerer Untersuchungen des Klettgauer Lösses. Geographica Helv. 28, 96–102.

FREI R. 1912: Monographie des schweizerischen Deckenschotters. Beitr. geol. Karte Schweiz. N. F. 37.

FREIMOSER, M. & LOCHER, T. 1980: Gedanken zur pleistozänen Landschaftsgeschichte im nördlichen Teil des Kantons Zürich aufgrund hydrogeologischer Untersuchungen. Eclogae geol. Helv. 73, 251–270.

GEIGER, E. 1961: Der Geröllbestand des Rheingletschergebietes im allgemeinen und im besonderen um Winterthur. Mitt. natw. Ges. Winterthur 30, 33–53.

– 1969: Der Geröllbestand des Rheingletschergebietes im Raum nördlich von Bodensee und Rhein. Jh. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 11, 127–171.

HANTKE, R. 1970: Die Diffluenz des würmeiszeitlichen Rheingletschers bei Sargans und die spätglazialen Gletscherstände in der Walenseetalung und im Rheintal. Vjschr. natf. Ges. Zürich 115, 1–24.

– 1978: Eiszeitalter 1. Ott, Thun.

– 1980: Eiszeitalter 2. Ott, Thun.

– 1987: Relief- und Talgeschichte des Randenberglandes (Kt. Schaffhausen und badische Grenzgebiete zwischen Schwarzwald und Hegau). Eiszeitalter u. Gegenwart 37, 47–56.

– 1991: Landschaftsgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete. Eine Klima- und Vegetationsgeschichte der letzten 30 Millionen Jahre. Ott, Thun.

– 1992: Die Talgabelung von Sargans. Geographica Helv. 47, 51–56.

HEIM, ALB. 1931: Geologie des Rheinfalls. Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 10, 1–70.

HOFMANN, F. 1972: Spuren spätquartären Flugstaubs aus der Auvergne und Zeugen eines prähistorischen Waldbrandes im Gehängeschutt des Schaffhauser Tafeljuras (Lang Randen). Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 29, 1968/72, 15–27.

– 1977: Neue Befunde zum Ablauf der pleistozänen Landschafts- und Flussgeschichte im Gebiet Schaffhausen–Klettgau–Rafzerfeld. Eclogae geol. Helv. 70, 105–126.

– 1981: Erläuterungen zu Blatt 1031 Neunkirch des geologischen Atlas der Schweiz 1:25000. Schweiz. geol. Komm., Basel.

– 1985: Waschgold in der Molasse, in pleistozänen Ablagerungen und in rezenten Bächen und Flüssen der Ostschweiz. Eclogae geol. Helv. 78, 433–450.

– 1991: Neuere Befunde zur Geologie, zur Lagerstättenkunde und zum historischen Abbau der Bohnerze und Bolustone der Region Schaffhausen (Schweiz). Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 36, 45–82, und Beitr. Geol. Schweiz, kl. Mitt. 93/1992.

HÜBSCHER, J. 1943: Neue geologische Beobachtungen in der Umgebung von Schaffhausen. Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 18, 1–9.

– 1945: Über eine Moräne der grössten Vergletscherung im Schleitheimertal. Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 20, 12–13.

– 1950: Merkblatt für den Rheinfallbesucher. Flugblatt Nr. 4, natf. Ges. Schaffhausen.

– 1951: Über Quellen, Grundwasserläufe und Wasserversorgungen im Kanton Schaffhausen. Njbl. natf. Ges. Schaffhausen 3.

– 1958: Vom Randen. – Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 26, 1–11.

KRAYSS, E. 1988: Zur riss-würmzeitlichen Quartärgeologie im westlichen Rheingletschergebiet. Z. Geomorph., Suppl.-Bd. 70, 1-12.

KÜHNLE, E. K. 1992: Erkundung des Grundwasservorkommens in der Klettgaurinne (deutscher Teil), Hochrheingebiet. Diss. Univ. Freiburg i. Br.

MEISTER, J. 1894: Das Schaffhauser Diluvium. Verh. Schweiz. natf. Ges. 77. Jvers., 9–33.

VON MOOS, A. & NÄNNY, P. 1970: Grundwasseruntersuchungen im Klettgau. Eclogae geol. Helv. 63, 467–481.

OBERHOLZER, J. 1933: Geologie der Glarneralpen. Beitr. geol. Karte Schweiz N.F. 28.

PENCK, A. 1896: Die Glacialbildungen um Schaffhausen und ihre Beziehungen zu den praehistorischen Stationen des Schweizersbildes und von Thayingen. In: NÜESCH, J. 1896: Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus palaeolithischer und neolithischer Zeit, 283–308.

PENCK, A. (1939): Klettgauer Pforte und Bodensee. Schr. Ver. Gesch. Bodensee 47, 1–25.
DE QUERVAIN, F. 1928: Zur Petrographie und Geologie der Taveyannaz-Gesteine. Schweiz. mineral.-petrogr. Mitt. 8, 1–86.
SCHALCH, F. 1916: Erläuterungen zu Blatt 145 Wiechs-Schaffhausen der geologischen Spezialkarte des Grossherzogtums Baden 1:25 000. Bad. geol. Landesanst. u. Schweiz. geol. Komm.
- 1921: Erläuterungen zu Blatt 158 Jestetten-Schaffhausen der geologischen Spezialkarte von Baden 1:25 000. Bad. geol. Landesanst. u. Schweiz. geol. Komm.
SCHINDLER, C. 1985: Geologisch-geotechnische Verhältnisse in Schaffhausen und Umgebung. Mitt. natf. ges. Schaffhausen 32, 1–114, u. Beitr. Geol. Schweiz., kl. Mitt. 74.
SCHLÜCHTER, C. 1987: Talgenese im Quartär – eine Standortsbestimmung. Geographica Helv. 42, 109–115.
- 1988: Exkursion vom 11. Oktober 1987 im Rahmen der SNG-Jahrestagung in Luzern: Ein eiszeitgeologischer Überblick von Luzern zum Rhein, unter besonderer Berücksichtigung der Deckenschotter. Eclogae geol. Helv. 81, 249–258.
SCHREINER, A. 1970: Erläuterungen zur geologischen Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50 000. Geol. Landesamt Bad.-Württemb.
- 1986: Neuere Untersuchungen zur Risseiszeit im Wutachgebiet (Südostschwarzwald). Jg. geol. Landesamt Bad.-Württemb. 28, 221–244.
- 1989: Zur Stratigraphie der Risseiszeit im östlichen Rheingletschergebiet (Baden-Württemberg). Jh. geol. Landesamt Baden-Württemb. 31, 183–196.
- 1992: Einführung in die Quartärgeologie. Schweizerbart, Stuttgart.
STYGER, G. A. 1961: Bau und Stratigraphie der nordhelvetischen Tertiärbildungen in der Hausstock- und westlichen Kärpfgruppe. Diss. Univ. Zürich.
TOLWINSKI, K. 1910: Die grauen Hörner. Vjschr. natf. Ges. Zürich 55, 331–390.
VERDERBER, R. 1992: Quartärgeologie des Hochrheintals zwischen Schaffhausen und Rheinfelden. Diss. Univ. Freiburg i. Br. (Manuskript).
WEGELIN, H. 1926: Mineralische Funde und Versteinerungen aus dem Thurgau. Mittnatf. thurg. natf. Ges. 26, 134–169.
ZHANG, Z., PFRANG, G. & AMSTUTZ G. C. 1981: New observations on the formation of spilites and keratophyres of Glarus, Switzerland (with special reference to material in the moraines of the Linth glacier). Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 61. 219–235.

GEOLOGISCHE KARTEN

ERB, L. 1967: Geologische Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1:50 000. Geol. Landesamt Bad. Württemb.
HANTKE, R. & Mitarb. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete. Vjschr. natf. Ges. Zürich 112/2.
HEIM, ALB., & HÜBSCHER, J. 1931: Geologische Karte 1:10 000 Rheinfall. Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 10.
HOFMANN, F. 1981: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1031 Neunkirch, Nr. 74. Schweiz. geol. Komm.
HÜBSCHER, J. 1961: Geologischer Atlas der Schweiz 1:25 000, Blatt 1031 Diessenhofen, Nr. 38. Schweiz. geol. Komm.
OBERHOLZER, J. 1920: Geologische Karte der Alpen zwischen Linthgebiet und Rhein (Flumser-Alpen, Graue Hörner, Ringelspitz, Calanda) 1:50 000. Spez.-Karte Nr. 63. Schweiz. geol. Komm.
- 1942/84: Geologische Karte des Kantons Glarus 1:50 000. Geol. Spez.-Karte Nr. 117. Schweiz. geol. Komm.
SCHALCH, F. 1916: Geologische Spezialkarte des Grossherzogtums Baden 1:25 000, Blatt 145 Wiechs-Schaffhausen. Bad. geol. Landesanst. u. Schweiz. geol. Komm.
- 1922: Geologische Spezialkarte von Baden 1:25 000, Blatt 157 Griessen. Bad. geol. Landesanst.
SCHALCH, F., & GÖHRINGER, K. 1921: Geologische Spezialkarte von Baden, Blatt 158 Jestetten–Schaffhausen. Bad. geol. Landesanst. u. Schweiz. geol. Komm.
SCHINDLER, C. 1982: Baugrundkarte Schaffhausen 1:10 000. – In: Mitt. natf. Ges. Schaffhausen 32, 1985.

Manuskript eingegangen 19. Mai 1993
Revidierte Fassung angenommen 16. Dezember 1993

Tabelle 1: Koordinatenverzeichnis aufgeführter Aufschluss-Lokalitäten

Ägelsee Littenheid TG	Findling	719.870/255.640
Beringen-Benzen	Baugrube	686.630/283.600
Beringen-Benzen West	Baugrube	686.400/283.600
Beringen-Hüllsteinwiesen	Baugruben	686.850/283.640
Beringen Kiesgruben SE		685.9-686.7/282.800
Beringen-Unterstieg West	Baugrube	685.580/283.750
Beringen-Usserberg	Baugrube	686.250/283.600
Beringen-Wiesental	Baugrube	685.660/283.570
Beringen-West	Baugrube	685.040/283.670
Dachsen	Kiesgrube verfüllt	688.650/279.650
Engi N Siedlung	Kiesgrube	687.000/283.520
Ergoltingertal	Hangschuttgrube	681.800/281.630
Gächlingen-Hanenbüel	Baugruben	679.970/284.630
Hallau Alters- u. Pflegeheim	Baugrube	677.020/283.620
Hallau Kiesgrube		677.100/282.750
Hallau Kläranlage	Baugrube	676.330/283.620
Hardau Kehrichtaufbereitung	Baugrube	687.030/282.840
Löhningen	Baugruben	683.490/283.740
Löhningen-Büel	Kiesgrube verfüllt	683.300/283.170
Lottstetten	Kiesgrube	685.700/275.070
Lusbüel	Kiesgrube	685.460/282.460
Neuhausen a. Rhf.-Buechbüel	Kiesgrube	687.125/282.460
Neuhausen a. Rhf.-Galgenbuck	Baugrube	688.270/282.540
Neuhausen a. Rhf.-Hardfluh	Kiesgrube	686.360/282.360
Neuhausen a. Rhf.-Hohfluh	Felswand	688.450/283.120
Neuhausen a. Rhf.-Rundbuck	Wegrand	687.360/281.000
Neunkirch-Bergkirche	Baugrube	679.900/282.250
Neunkirch-Gigenbuck	Tongrube	679.000/282.300
Neunkirch-Hungerbuck	ehemalige Tongrube	678.000/282.000
Neunkirch-Schmerlat Waldhof	ehemalige Lehmgrube	682.100/282.750
Neunkirch-Schmerlat Waldhof	Kiesgrube	682.450/282.650
Neunkirch-Toktri	Kiesgrube	677.800/282.100
Oberhallau-Pünt	Gräben	677.930/284.730
Rhinauerfeld	Kiesgrube	689.200/277.350
Schaffhausen-Chlus	Baugrube	688.470/284.840
Schaffhausen-Örlifall	Kiesgrube	688.110/284.100
Schaffhausen-Schwertstrasse	Baugrube	689.600/283.640
Schleitheim-Baggenbrunnen	Handbohrung	677.700/290.250
Schleitheim-Glegg	Handbohrung	676.080/287.830
Schleitheim-Gündistel	Findlinge	679.720/290.030
Schleitheim-Hebsack	Baugruben	678.520/288.960
Steinacker-Marthalen	Kiesgrube	690.100/274.670
Tüfels Chuchi	Höhle	687.000/283.860
Wilchingen WNW Bergkirche	Baugrube	677.290/280.425
Wilchingen-Plomberg	Felswand	677.080/278.900
Wilchingen-Spitz	Felswand	677.760/279.750
Wilchingen-Talacker	Findling	677.800/280.380
Wilchingen-Tutteren	Findling zerstört	676.480/279.360
Wilchingen-Unterneuhaus	Kiesgrube	676.600/281.500