

# Das Zeitalter der Gletscher : Quartär

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Neujahrsblatt der Naturforschenden Gesellschaft Schaffhausen**

Band (Jahr): **72 (2020)**

PDF erstellt am: **23.07.2024**

## **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.

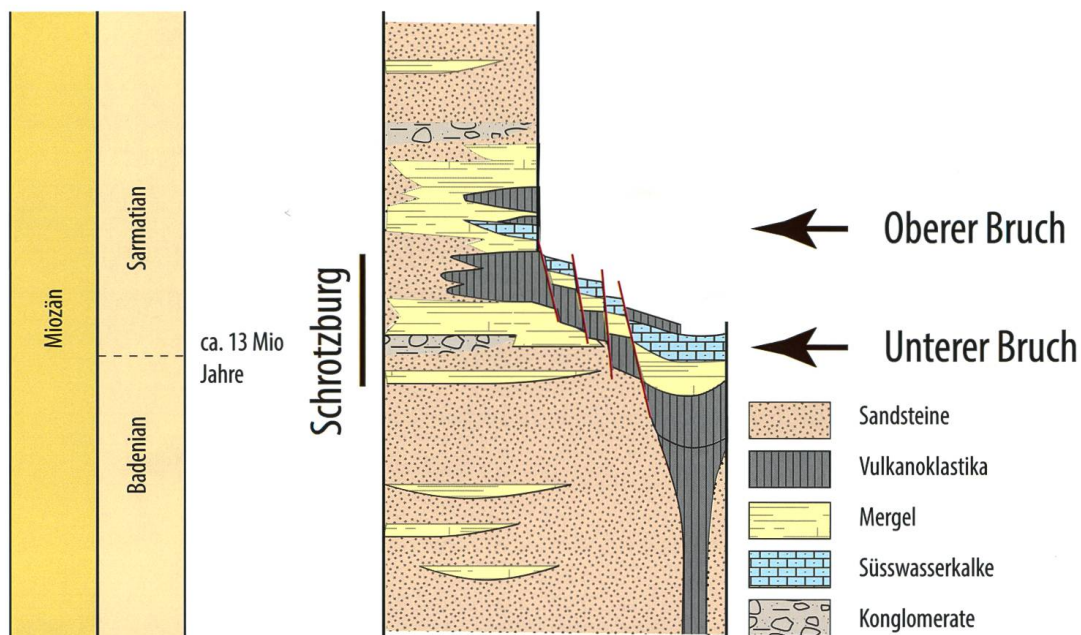
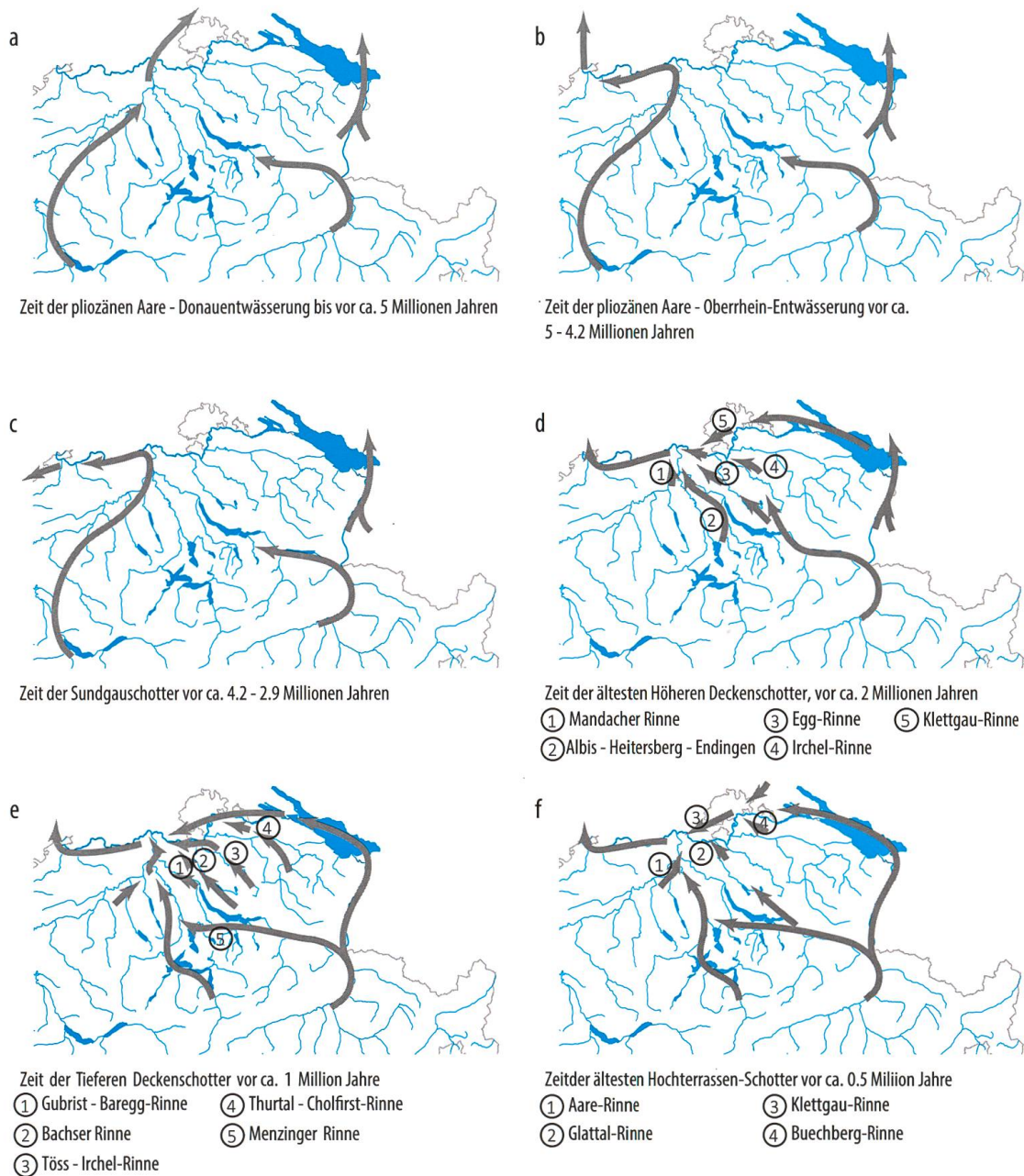


Abb. 81: Geologische Situation der beiden Steinbrüche in Öhningen und deren altersmässiger Vergleich mit den Pflanzenfossilien von Schrotzburg. Die Fossilien in Öhningen stecken in den als «Süswasserkalke» bezeichneten Einheiten.

## 8. Das Zeitalter der Gletscher: Quartär

Heute hat die Region Schaffhausen wenig Ähnlichkeiten mit den glazialen Landschaften des Hochgebirges. Entsprechend schwierig ist es, sich die Zeit vorzustellen, als Gletscher bis ins Tiefland und bis gegen unsere Gegend vorrückten. Diese Vorstellung war auch für die Wissenschaft in der ersten Hälfte des 19. Jahrhunderts ungeheuerlich (siehe Kasten). Heute ist jedoch unbestritten, dass beide Pole der Erde seit rund 2,6 Millionen Jahren vereist sind (die Antarktis ist schon viel länger vereist: bereits seit rund 34 Millionen Jahren), und dass sich diese Eiskappen in regelmässigen Abständen stark ausdehnen. Die entsprechenden Phasen nennt man Eis- oder eigentlich korrekter Kaltzeiten. Diese (länger dauernden) Kaltzeiten (Glaziale) werden von kürzeren Warmzeiten (Interglaziale) unterbrochen. Ausgelöst werden diese natürlichen Klimavariationen durch regelmässige Schwankungen der Parameter der Erdumlaufbahn (siehe Milanković-Zyklen, Abb. 24): Die Neigung und Richtung der Erdachse gegenüber der Ebene der Erdumlaufbahn und die



**Abb. 82:** Im Lauf der letzten Jahrmillionen änderte die Entwässerung der Nordschweiz mehrere Male sehr grundsätzlich. Dafür war einerseits die fortschreitende Erosion verantwortlich, andererseits auch tektonische Bewegungen. Anfänglich entwässerte die Nordschweiz via Aare-Donau nach Nordosten. Später folgte die Aare dem Rhein, in einer gewissen Phase sogar dem Doubs Richtung Südwesten, bevor sich vor rund zwei Millionen Jahren in groben Zügen das moderne Entwässerungssystem ausbildete. Nach Graf 1993 bzw. Heuberger et al. 2014.

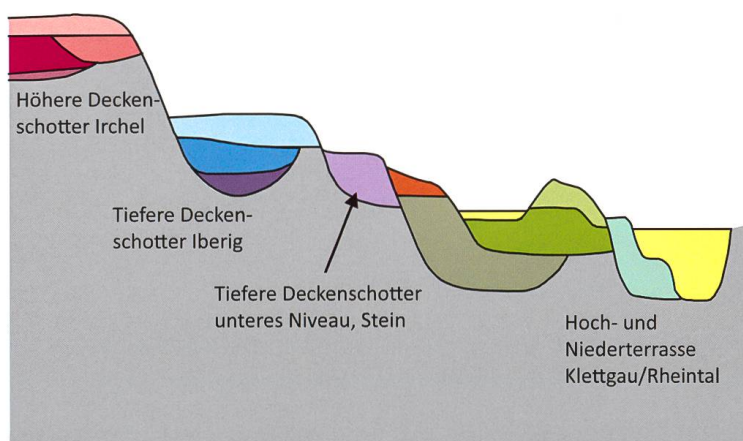
Exzentrizität der ellipsenförmigen Erdumlaufbahn verändern sich mit streng mathematischer Regelmässigkeit. Jeder dieser drei Parameter beeinflusst damit die Menge an Sonnenenergie, die durch die Erde eingefangen wird. Die rechnerische Überlagerung der Variationen dieser drei Parameter erlaubt eine genaue Rekonstruktion der vergangenen bzw. eine Prognose der zukünftigen Strahlenbilanz der Erde. Wie sich dieses an sich streng mathematische Muster dann in konkrete Temperaturveränderungen bzw. in Wachstum der Gletscher übersetzt, ist aufgrund einer Vielzahl von positiven und negativen Rückkoppelungseffekten jedoch komplexer und nicht so einfach kalkulierbar. Auch die Gletscher der Alpen reagierten auf diese Klimaschwankungen. In Kaltzeiten dehnten sie sich weit über den inneralpinen Bereich hinaus aus und drangen in der Nordschweiz wiederholt bis nach Schaffhausen und darüber hinaus vor. Früher glaubte man in der Abfolge von Moränen und Schotterterrassen in der Nordschweiz und Süddeutschland vier Kaltzeiten zu

### **Die Entdeckung der Eiszeiten**

Besorgt über die zunehmende Vergandung der Alpen, schrieb die noch junge Schweizerische Naturforschende Gesellschaft 1820 einen Wettbewerb über die Temperaturentwicklung in den Alpen aus. Man wollte mehr über die Entwicklung der Weiden, der Wälder und der Gletscher erfahren. Der einzige, der 1821 einen Wettbewerbsbeitrag einreichte, war der Walliser Kantonsingenieur Ignaz Venetz. Er postulierte, dass die Gletscher riesigen Thermometern gleich auf die Temperaturentwicklung in den Alpen reagieren und auch früher reagiert haben. Er gewann den Preis. In den folgenden Jahren trug er immer mehr Information über die frühere Ausdehnung der Gletscher zusammen. Er gelangte zur Ansicht, dass sich die Gletscher einst bis weit ins Mittelland erstreckten und lieferte damit auch eine Interpretation des bis dahin rätselhaften Vorkommens der Findlinge. 1833 veröffentlichte er dazu eine Publikation. Doch seine damals abstrus erscheinende Theorie wurde von der Forschergemeinde fast einstimmig verworfen. Aber er konnte Jean Charpentier (Bergwerksdirektor von Bex), und später den renommierten Naturforscher Louis Agassiz überzeugen. Es sollte jedoch noch Jahrzehnte dauern, bis sich die Erkenntnis, dass Gletscher sich einst viel weiter ausgedehnt hatten, durchsetzen sollte.

erkennen (Günz-, Mindel-, Riss- und Würmeiszeit), die man mit den vier auch in der Region Schaffhausen morphologisch unterscheidbaren lithologischen bzw. geomorphologischen Einheiten in Verbindung brachte: Höhere Deckenschotter, Tiefere Deckenschotter, Hochterrassenschotter und Niederterrassenschotter (Abb. 83). Doch u.a. aus dem internationalen Vergleich und zunehmend präziseren Altersdatierungen zeigte sich, dass diese Zuordnung der vier Einheiten zu vier Kaltzeiten zu stark vereinfacht war. Heute nimmt man an, dass die Gletscher bis gegen 15 Mal ins Vorland der Alpen vorstiessen, und die Zuordnung einzelner Ablagerungen zu einzelnen dieser Phasen bleibt eine grosse Herausforderung (Abb. 84). Erschwerend hinzu kommt, dass sich die Gletscher auch innerhalb eines einzelnen Klimazyklus nicht immer synchron verhielten: Während sie beispielsweise am einen Ort bereits zurückschmolzen, stiessen sie andernorts gleichzeitig weiter vor.

Doch auch wenn man die genaue Datierung einzelner glazialer (eiszeitlicher) Ablagerungen noch immer kontrovers diskutiert, so ist doch unbestritten, dass die Region Schaffhausen, insbesondere auch die nähere Umgebung der Stadt Schaffhausen, mehrmals nahe dem Maximalstand der eiszeitlichen Gletscher lag. Das erklärt die ausgesprochen komplizierte Architektur der eis-



**Höhere Deckenschotter Irchel**

- Forenirchel-Schotter
- Steig-Schotter
- Irchel-Schotter
- Langacher-Schotter

**Tiefere Deckenschotter Iberig und Stein**

- Fisibach-Schotter
- Bärengraben-Schotter und -Till
- Iberig-Schotter
- Wolfacher-Schotter und -Till

**Hoch- und Niederterrasse Klettgau/Rheintal**

- Hardmorgen-Schotter
- Rinauerfeld-Schotter
- Toktri-Schotter (Alte Fließerde)
- Schaffhauser-Schotter
- Lusbüel-Schotter
- Geisslingen-Schotter
- Hardau-Schotter

**Abb. 83: Die Schotterkörper lassen sich u. a. aufgrund ihrer Zusammensetzung und Höhenlage in vier Einheiten gliedern. Nach Graf 2009 a.**

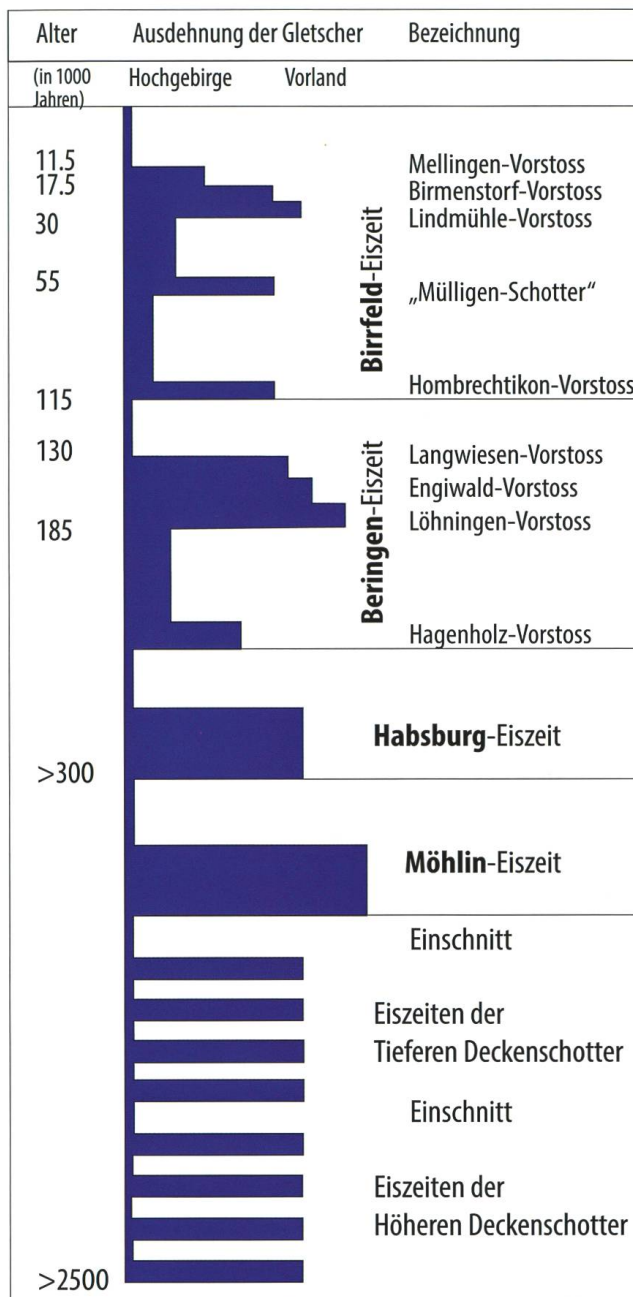


Abb 84: Heute geht man nicht mehr von nur vier Vereisungen aus, sondern von gegen 15. Doch die Zuordnung der einzelnen Sedimentkörper und die Datierung bleiben eine Herausforderung.

verzeichnen ist. Es entstehen ausgedehnte, mächtige Schotterfluren, die durch die abfliessenden Flüsse und Rinnsale geprägt und geformt werden. Mit dem Rückschmelzen der Gletscher beginnt die Erosion dieser Schotterfluren, tief

zeitlichen Lockersedimente. So liegen heute Hügelzüge da, wo einst Talsenken lagen. Topographische Rücken werden vom Grundwasser unterquert. Täler – allen voran der prominente Klettgau – wurden von einem Fliessgewässer geformt, von dem heute im Tal selbst nichts mehr sichtbar ist. Das Entwirren der einzelnen Phasen ist komplex und auch heute noch gibt es viele Fragezeichen. Doch die Untersuchung bzw. Beschreibung der quarären Geschichte der Region Schaffhausen hat eine lange Tradition (z. B. Graf, 2000; Graf und Hofmann, 2000; Graf, 2009 a; Graf, 2009 b; Heim, 1931; Hofmann, 1977; Keller und Krayss, 2005 a; Keller und Krayss, 2005 b; Keller und Krayss, 2010; Lowick et al., 2015; Meister, 1898; Merklein, 1869; Preusser et al., 2011).

### 8.1 Die Zeit der Deckenschotter

Man geht davon aus, dass die grösste Intensität der Schotterablagerung während des Vorrückens und während des Hochstandes der Gletscher zu

fressen die zurückerodierenden Flüsse sich in die vormals aufgeschütteten Schotterebenen ein, es entstehen an den Talflanken die erwähnten Terrassen. Bei erneutem Gletschervorstoss werden die alten Terrassen entweder

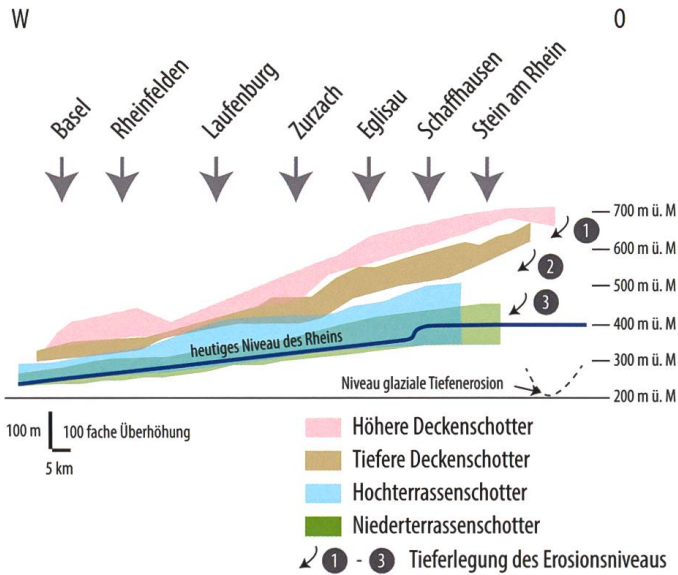


Abb. 85: Werden die topographischen Höhen der verschiedenen eiszeitlichen Schotter-Ablagerungen in einem Ost-West-Profil aufgezeichnet, zeigt sich einerseits das konstante Ost-West-Gefälle, andererseits das Tieferlegen des Erosionsniveaus von den älteren Einheiten (Höhere Deckenschotter) zu den jüngeren Einheiten (Niederterrassenschotter). Stark vereinfacht nach Heuberger et al. 2014.

zugedeckt, oder – bei absinkendem Erosionsniveau – es werden neue Terrassen auf einem topographisch tieferen Niveau angelegt. Eine Kartierung der Schotterterrassen in der Nordschweiz zeigt, wie das Erosionsniveau zunehmend tiefer gelegt wurde (Abb. 85). Heute topographisch hochliegende, oft gut verkittete Schotterkörper, die nur noch in vergleichsweise kleinen Resten in hohen Lagen und auf Hügelkuppen erhalten sind, werden als Deckenschotter zusammengefasst (Abb. 86). Sie stellen kleine Restflächen einer einst zusammenhängenden Schotterfläche dar, die seither durch die Erosion weitgehend ausgeräumt wurde; das Erosionsniveau hat sich seither tiefer in die Landschaft abgesenkt. Diese Schotter wurden eingehend vom Schaffhauser Geologen H. Graf in seiner Dissertation (Graf, 1993) untersucht und in einer Reihe von Publikationen dokumentiert. Er konnte zwei bzw. drei Einheiten unterscheiden: Mit abnehmendem Alter sind das die Höheren Deckenschotter, die Tieferen Deckenschotter und die Tieferen Deckenschotter unteres Niveau (Graf, 2009 a). Ein Vorkommen der Höheren Deckenschotter am Irchel wurde anhand des Fundes winziger Zähnnchen von Säugetieren auf ein Alter von 1,8 bis 2,5 Millionen



Abb. 86: Tiefere Deckenschotter beim Pierchäller, Neuhausen am Rheinflall

Jahren datiert (Bolliger et al., 1996). Die Deckenschotter repräsentieren mit Sicherheit mehrere Vereisungsphasen. Doch ein Entschlüsseln dieser Phasen ist anhand der sehr lückenhaft erhaltenen bzw. durch spätere Erosion abgetragenen Ablagerungen schwierig. In der Region Schaffhausen sind entsprechende Vorkommen am Buechbärg und Bärg bei Thayngen, am Schienerberg, ein grosses Vorkommen am Cholfirst, mehrere kleinere Vorkommen in Schaffhausen und Neuhausen (Hohbärg, Dachsebüel, Gäissbärg, Öölbärg, Neuhuuserwald) sowie am Hasenberg bei Wilchingen erhalten.

## 8.2 Die jüngeren Eiszeiten

In einer noch nicht genau datierten Phase nach der Ablagerung der Deckenschotter fand ein Ereignis statt, das zu intensiver Erosion führte. Es wurden neue Flussrinnen geschaffen, die Topographie wurde tiefgreifend umgestaltet. Das Entwässerungsnetz wurde um 100 bis 120 m abgesenkt. Der Auslöser dieser Phase könnte tektonischer oder klimatischer Art gewesen sein. Jedenfalls spielte diese Phase in der Entwicklung unserer heutigen Landschaft eine zentrale Rolle. Sie prägte das Bühnenbild, vor dem sich die «jüngeren Eiszeiten» abspielten: Möhlin, Habsburg, Hagenholz, Beringen und Birrfeld (Abb. 87).

Vermutlich sind die alpinen Findlinge (= Erratiker) auf dem Hallauer Rücken sowie eiszeitliche Ablagerungen bei Schleithem («Schleithem-Vorstoss») der **Möhlin-Eiszeit** zuzuordnen, wobei nicht mit Sicherheit ausgeschlossen werden kann, dass sie aus noch früheren Vereisungsphasen stammen (Graf, 2009 b). Die Möhlin-Eiszeit wäre demnach nicht nur generell in der Nordschweiz, sondern explizit auch in der Region Schaffhausen die grösste Vereisung zumindest des jüngeren Pleistozäns. Ob die für unsere Landschaft so prägende Klettgau-Rinne bereits davor oder kurz danach angelegt wurde, konnte bisher nicht mit Sicherheit bestimmt werden. Die Gletscher der Möhlin-Eiszeit scheinen aber die ersten glazial übertieften Rinnen geschaffen zu haben (Preusser et al., 2011). Glazial übertiefte Täler sind ein bemerkenswertes Phänomen: Unter dem Einfluss der Gletscher kann Erosion bis tief unter das Niveau der Vorfluter erfolgen (glaziale Tiefenerosion). Es entsteht ein regional rückläufiges Gefälle, wie es Erosion durch Wasser nicht bewirken kann. Glaziale Prozesse und unter Druck stehendes subglaziales Schmelzwasser müssen am Werk gewesen sein. Es entstanden in der Nordschweiz eine ganze Reihe sehr tiefer, heute durch Lockergesteine verfüllter Täler, die in gewissen Fällen bis auf Meeresniveau hinunterreichen. Sie bildeten sich offensichtlich vor allem im Zungenbereich der Gletscher nahe der Vereisungsfront.



In der Nordschweiz wurden diese Täler durch die Arbeit von Pietsch und Jordan (2014) dokumentiert. Zeitpunkt und Geschwindigkeit der Ausräumung dieser Täler sind in der Wissenschaft noch umstritten bzw. werden intensiv diskutiert, nicht zuletzt auch da man die beteiligten Prozesse noch nicht restlos hat klären können.

Die nachfolgende **Habsburg-Eiszeit** erreichte nicht mehr die Ausmasse der Möhlin-Eiszeit. Dennoch wurden entlang von Aare und Rhein grosse Mengen von Sediment abgelagert. Nach dem Rückschmelzen der Habsburg-Eiszeit entstand nach Graf (2009 b) mit der heute verfüllten Neuhauserwald-Rinne ein Durchbruch durch den Hügelzug des Südrandens.

Beim nächsten Gletschervorstoss, der **Beringen-Eiszeit**, kam es zu einer erneuten Aufschotterung. Durch die Neuhauserwald-Rinne wurden Schotter

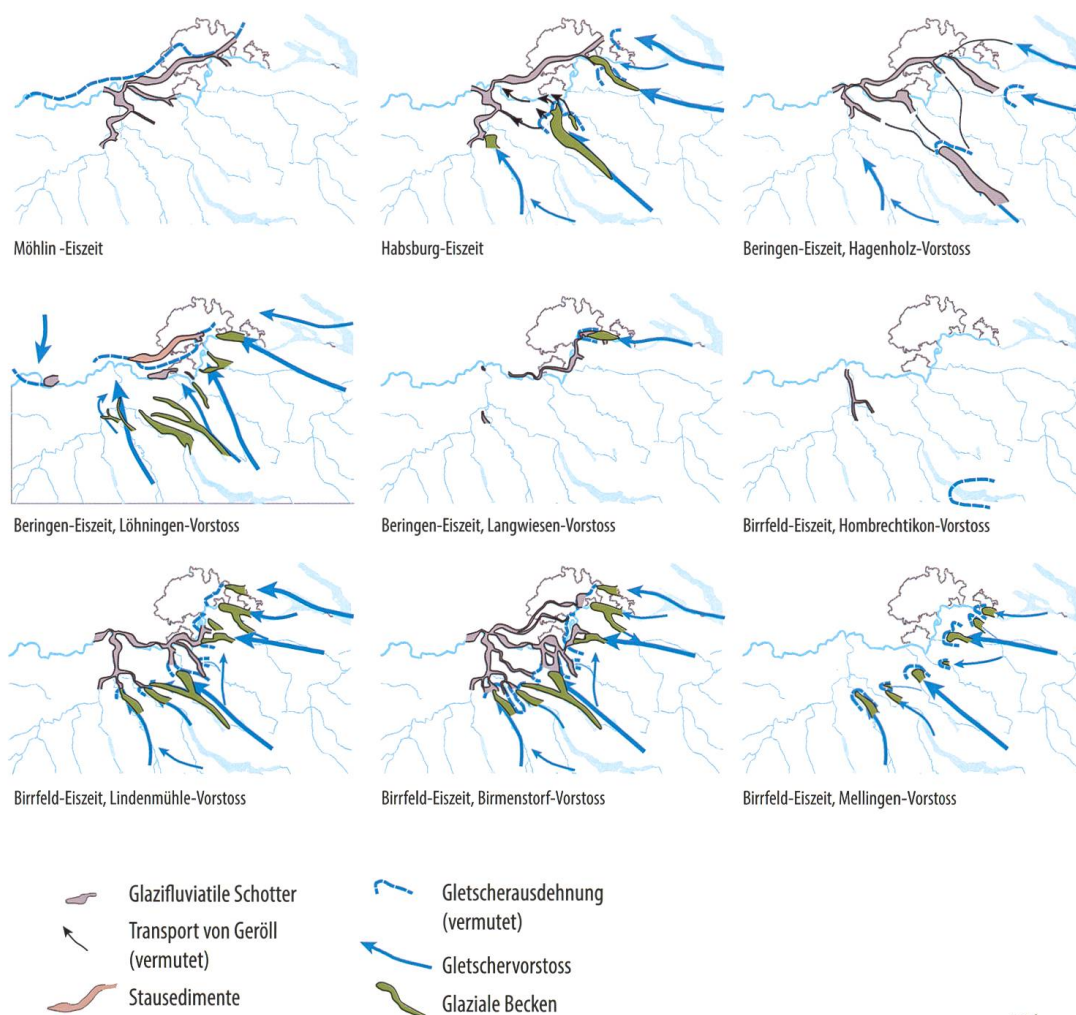


Abb. 87: Stark schematisierte Kärtchen der Merkmale der einzelnen Vergletscherungen (nach Graf 2009).

ins Klettgau geschüttet, die gemäss Analysen der Gerölle auf den Linth-Walensee-Rheingletscher zurückzuführen sein müssen. Es stiessen einerseits der Bodensee-Rhein-Gletscher und andererseits der Linth-Walensee-Rheingletscher bis in den oberen Klettgau vor. Letzterer nahm gegen Westen auch das Gebiet bis zum unteren Aaretal ein, wo er mit dem vereinigten Aare-Reussgletscher zusammentraf (Graf, 2009 b). Die unterschiedliche Herkunft der Schotter lässt sich auch hier anhand der Geröllzusammensetzung eruieren. Typische Gesteine aus dem heutigen Glarnerland müssen vom Linth-Walensee-Rheingletscher transportiert worden sein und können nicht dem Bodensee-Rhein-Gletscher entstammen.

Weil sowohl am oberen als auch am unteren Ausgang des Klettgaus Gletscherzungen lagen, entstand im Klettgau eine Stausituation mit Seeablagerungen. Der erste Vorstoss (Hagenholz-Vorstoss) erreichte die Region Schaffhausen nicht, im folgenden (Löhningen-Vorstoss) erreichte der Bodensee-Rhein-Gletscher Löhningen. In einem weiteren Vorstoss, dem Engiwald-Vorstoss, hinterliess der Gletscher sehr komplex aufgebaute Lockergesteinskörper im oberen Klettgau. Dabei wurde der bisherige Zugang des Rhein-Systems zum Klettgau durch einen Schotterriegel verschlossen. In der folgenden Rückzugsphase wurde durch intensive Flusserosion das Entwässerungsnetz wiederum stark abgesenkt. Der Rhein jedoch fand sein altes Flussbett nicht mehr; der Engiwald-Riegel war offensichtlich zu massiv, um erodiert zu werden. Der Rhein wurde im Gebiet der Stadt Schaffhausen nach Süden abgelenkt, folgte aber damals noch der Urwerf-Rafzerfeld-Rinne. In einem erneuten Vorstoss (Langwiesen-Vorstoss) wurden diese neuen Rinnen jedoch wiederum mit Schotter verfüllt (Schaffhausen Schotter). Mit dem späteren vollständigen Eisrückzug wurde ein grosser Teil der Ablagerungen wieder erodiert. Es lag nun ein Entwässerungssystem vor, das im Wesentlichen der heutigen Verbreitung der Niederterrassen entsprach.

Mächtige Paläoböden zeugen von der nachfolgenden Warmphase. Aus dieser Zeit dürfte die Ablagerung des Flurlinger Kalktuffes stammen. Dieser 12 bis 15 m mächtige Kalktuff wurde bis Anfang des 20. Jahrhunderts als Baustein abgebaut. Es konnten zahlreiche Fossilien geborgen werden (Abb. 88; z. B. *Rhinoceros merckii*). Bereits 1716 erwähnt Johann Jakob Scheuchzer ein 1708 ausgegrabenes Hirschskelett aus der Fundstelle (Hünemann, 1985). Unter den Pflanzen dominieren Bergahorn und Buchsbaum (Guyan und Stauber, 1941; Heim, 1931; Hünemann, 1983; Meister, 1898; Wehrli, 1894). Radiometrische Altersdatierungen einer Probe aus einem losen Block ergaben ein Alter des Sediments von  $102\,000 \pm 8\,000$  Jahren (Graf, 2009 b).



Abb. 88: Kiefer eines Waldnashornes, Kalktuff von Flurlingen. Museum zu Allerheiligen. Länge 40 cm.

Die schliesslich jüngste Eiszeit wurde ehemals als Würm und wird heute als **Birrfeld-Eiszeit** bezeichnet. In der unmittelbaren Umgebung der Stadt Schaffhausen wurde die Abfolge insbesondere der jüngsten Eiszeit sehr umfassend von Schindler (1985) dokumentiert. In einem ersten, nur in Bohrungen dokumentierten Gletschervorstoss (entspricht dem Lindmühle-Vorstoss im Reusstal) folgte ein Eisrückzug. Schindler erkannte, dass es aufgrund einer Stausituation zwischen zwei Gletscherlappen auf Stadtgebiet für längere Zeit zur Bildung eines Sees kam. Demnach hätte

der im Süden des Kohlfirses vorstossende, mit dem Thurgletscher vereinigte Teil des Rheingletschers den Rhein bis auf eine Höhe von 460 m ü. M., also 70 m über der heutigen Talsohle, hochgestaut. Der Gletscher wäre somit bis in den Bereich des Aazheimer Hofes vorgestossen. Das entspricht ungefähr dem Maximalstand der Gletscher der Birrfeld-Vereisung. Schindler (1985) fand

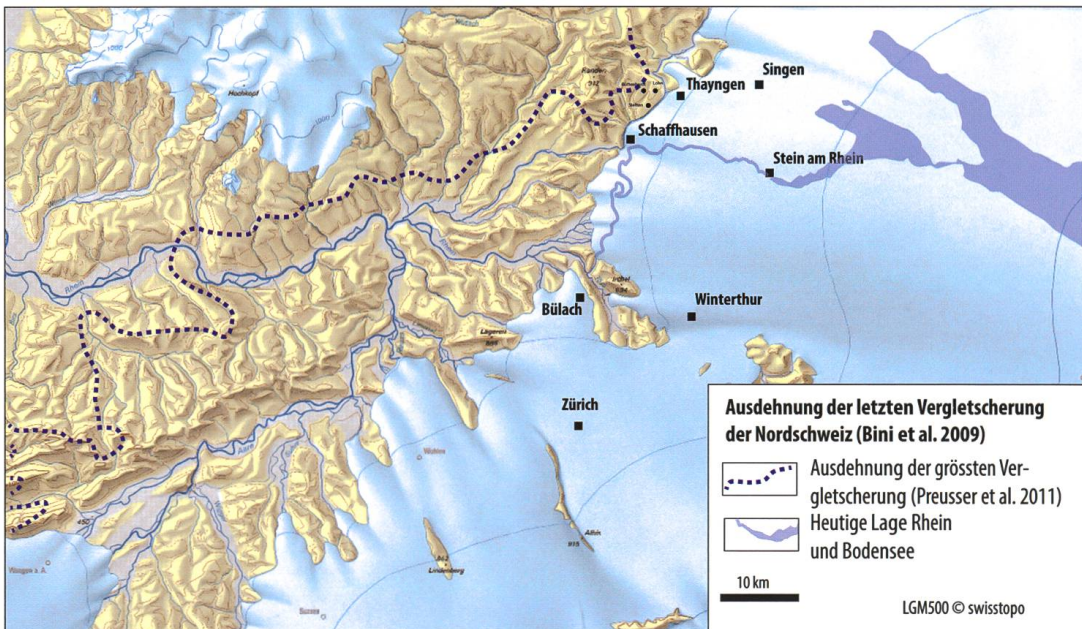


Abb. 89: Visualisierung der Eisausdehnung während der letzten Vergletscherung. Die Region Schaffhausen lag bei verschiedenen Vergletscherungsphasen jeweils kurz vor oder kurz hinter der Front der Maximalstände des Eises.

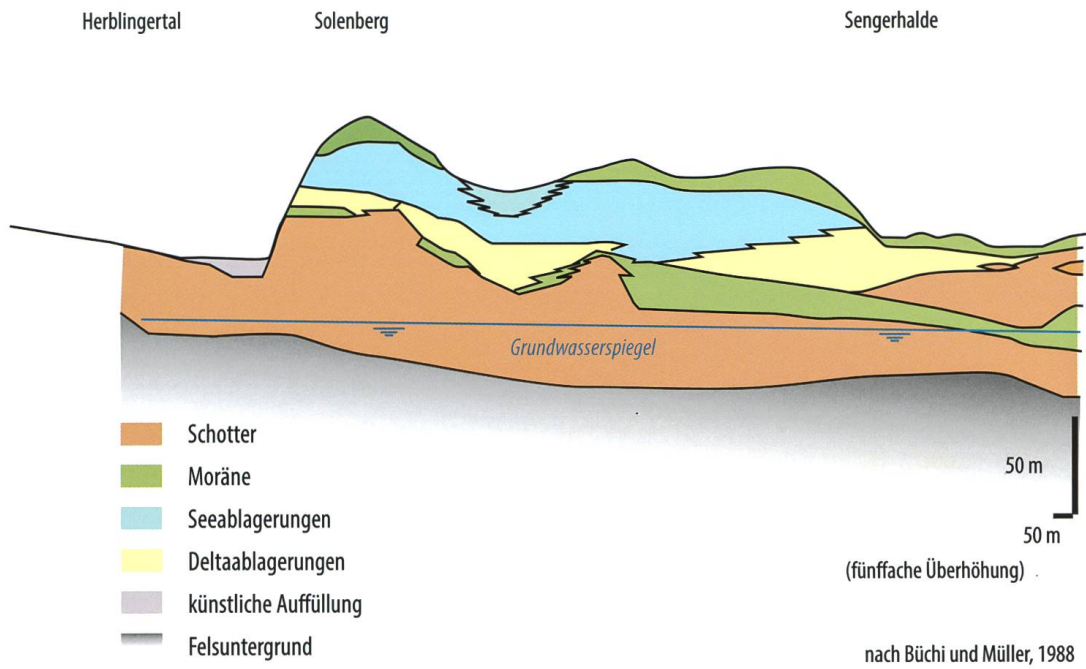
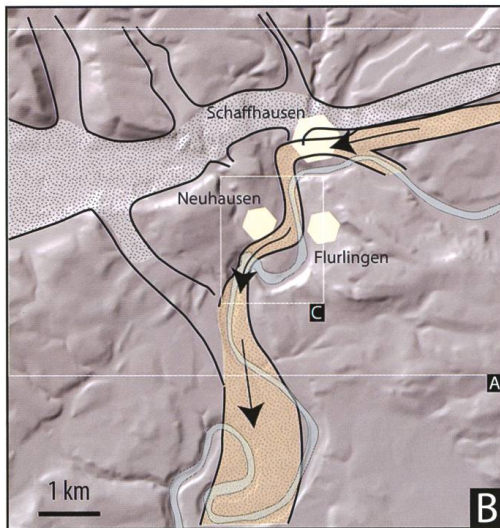
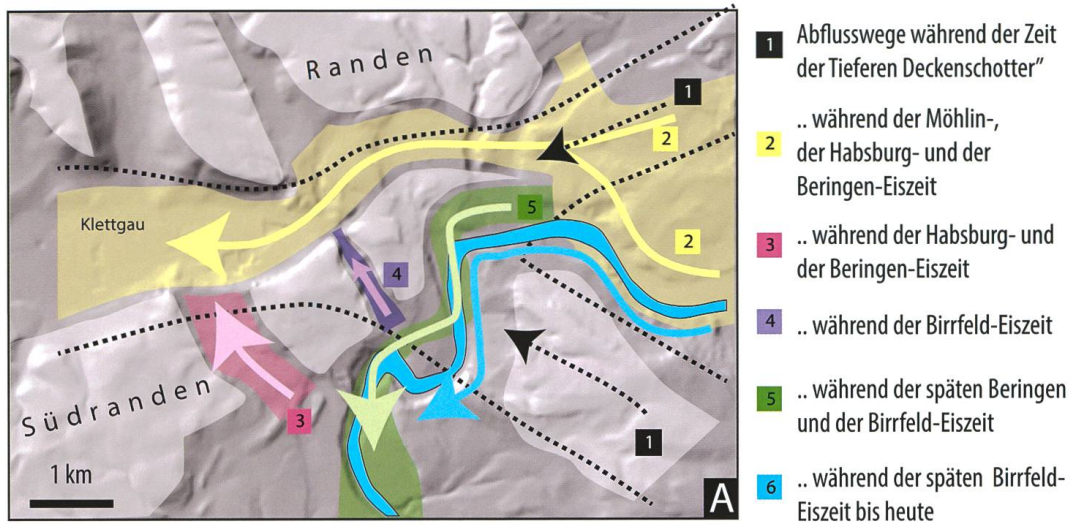


Abb. 90: Eiszeitliche Schotter werden an verschiedenen Stellen im Kanton Schaffhausen abgebaut. Eine solche Abbaustelle befindet sich am Solenberg. Sie erschliesst zwei durch eine Moränenschicht getrennte Schottervorkommen. Oben: Schematischer Querschnitt, unten: Ansicht der Grubenwand im Schotterkörper.

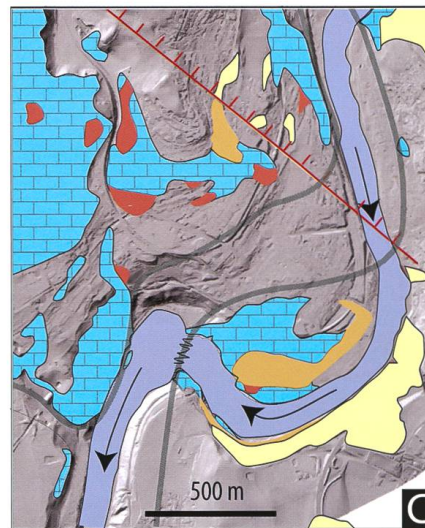
Hinweise auf «Eisbergsedimente» in den Seeablagerungen, also «Dropstones» bzw. Steine, die gelegentlich aus schmelzenden Eisbergen in das ansonsten feinkörnige Seesediment fielen. Das scheint zu bestätigen, dass der stauende Riegel tatsächlich aus Eis bestand. Der Autor schätzt, dass der See während einigen hundert Jahren Bestand gehabt haben dürfte. Der Ausfluss des Sees soll über den Durchbruch bei der Enge in den Klettgau erfolgt sein. Während dem Bestehen des Sees kam es in diesem Bereich zu keiner Ablagerung von Schotter. Der Thurlappen dürfte aber im Rafzerfeld und weiter talabwärts viel Kies geliefert haben (Schindler, 1985). Später scheinen sich die verschiedenen Gletscherlappen (Thurlappen, Singener Lappen, Steiner Lappen) vereint zu haben bzw. zusammengewachsen zu sein. Die Seesedimente wurden vom Eis überfahren (entspricht dem Birmenstorf-Vorstoss im Reusstal).

Obermoränen sowie Stirn- und Seitenmoränen sind aus dem Maximalstand der Birrfeld-Vergletscherung nur ansatzweise erhalten, so dass sich die genaue Lage des Eisrandes nur undeutlich abzeichnet. Obermoränenreste sind zwischen Charlottenfels und Hofstetten, zwischen Uhwiesen und Allenwinden und im Streifen zwischen Kantonsspital – Birchäcker – Unterholz nachweisbar. Während des Maximalstandes wurden auch die Randentäler (Merishausertal, Orserental, Freudental) abgeschnitten. Auch hier besteht die Möglichkeit einer temporären Seebildung. Tatsächlich wurden im Durachtal entsprechende Seeablagerungen festgestellt.

Das Rückschmelzen der letzteiszeitlichen Gletscher hinterliess in der Region Schaffhausen eine Reihe von absteigenden Schotterterrassen, die sich in der heutigen Topographie noch immer abzeichnen (Breiteterrasse, Stokar-Terrasse, Munot-Terrasse). Im Fulachtal («Singener Zunge des Rheingletschers» und im Rheintal («Steiner Zunge») dokumentieren Moränenwälle und Erosionsformen entlang der Fliesswege des Schmelzwassers das Zurückschmelzen. Relativ rasch scheint sich der Thurlappen zurückgezogen zu haben, so dass die Entwässerung während einer bestimmten Phase via Wangental in den Klettgau erfolgen konnte. Auch weiter südlich löste sich der Thurlappen von den Moränenwällen des Maximalstandes, und die Entwässerung wandte sich gegen Süden zum Durchbruch gegen die Tössmündung. Damit war die Schüttung gegen das Rafzerfeld beendet, das Erosionsniveau wurde rasch tiefer gelegt; unterhalb von Schaffhausen entstand ein starkes Gefälle mit intensiver rückschreitender Erosion. Pendelbewegungen der Gletscher sind durch Wallmoränen in den Regionen Andelfingen, Diessenhofen und Gottmadingen dokumentiert.



Situation während der Beringen-Eiszeit (ca. 120'000 Jahre)



□ Quartär	■ Bohnerz
■ Molasse	■ Boluson/Gelberde
— Neuhauser Störung	■ Kalke des Oberen Jura

Heutige Situation (seit ca. 14'000 Jahren)

Abb. 91: Der Rheinflall ist wohl das klassische Beispiel einer eiszeitlich geprägten Umgestaltung der Topographie und des Entwässerungssystems. (A) regionale Situation, (B) die wichtigsten Entwässerungsrinnen während der Beringen-Eiszeit und (C) die heutige Situation. Nach Heim (1931), Keller und Krayss (2010) und Preusser (2011); Relief: Swisstopo.

## Kurzloch und Langloch

Nordwestlich des Fulachtales verläuft eine Serie von schluchtartigen Tälchen, die sich wie eine Perlenkette bis in das Gebiet der Stadt Schaffhausen fortsetzt. Die bekanntesten Abschnitte sind Kurz- und Langloch bei Thayngen sowie das Felsentäli in der Stadt Schaffhausen. Kurz- und Langloch sind heute Trockentälchen, denn die Entwässerung erfolgt heute durch das parallel dazu liegende Fulachtal. Diese Tälchen sind tief in den Felsuntergrund eingeteuft; viel tiefer als heute noch sichtbar, denn die Felsoberfläche liegt gemäss einer Bohrung im Langloch noch 40 m tiefer als die heutige Geländeoberfläche. Im Felsentäli sind tief in der markanten Spalte sogar noch eigentliche Gletschertöpfe erhalten geblieben. Diese sind aber in der Regel aufgrund der eingeschwemmten Materialien nicht sichtbar.

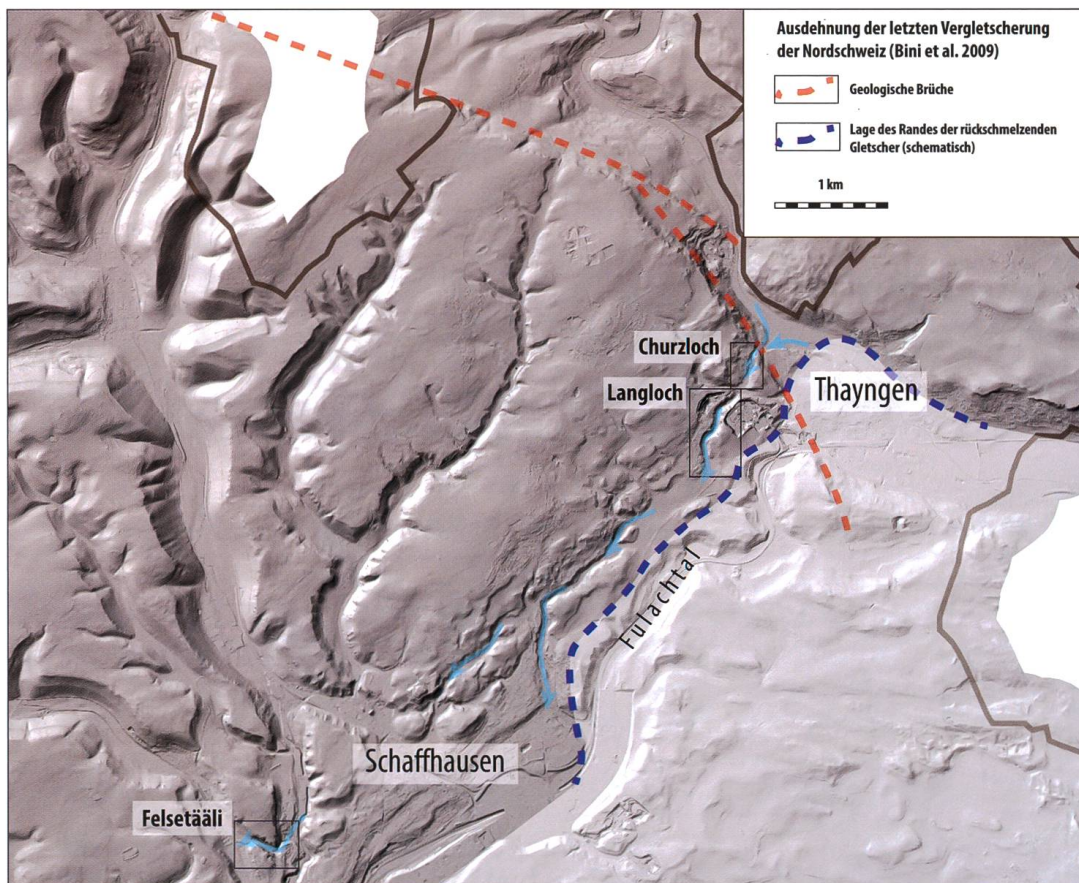


Abb. 92: Spektakuläre Erosionsformen, angelegt durch Schmelzwasserrinnen der vermutlich vorletzten und letzten Vergletscherungen verlaufen parallel zum Fulachtal in Richtung Rhein.

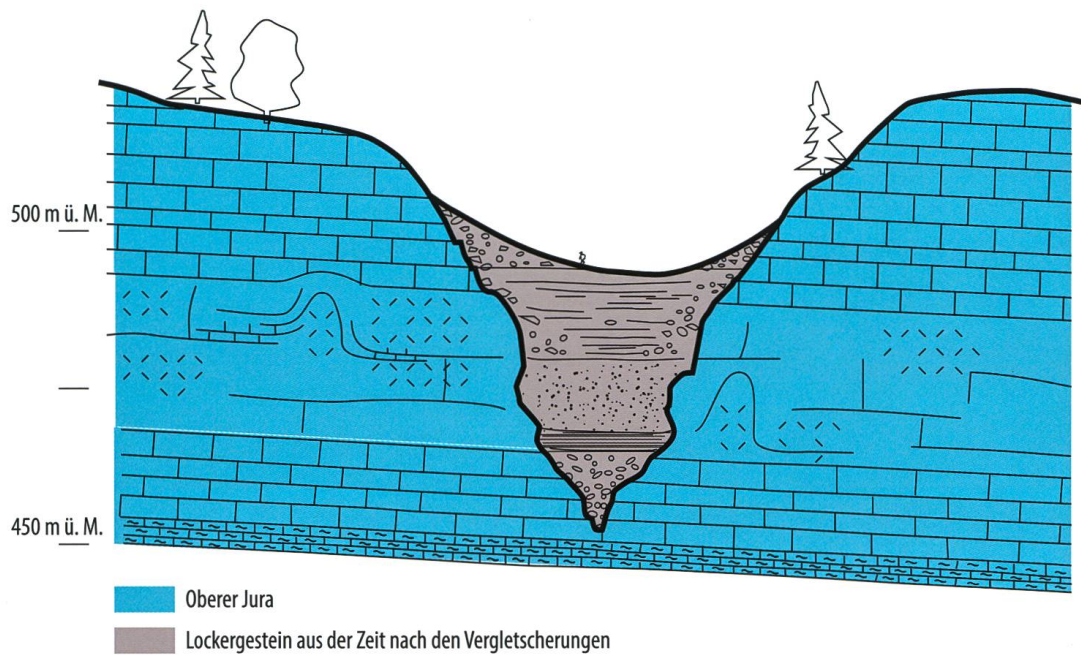


Abb. 93: Das Langloch ist eigentlich bereits jetzt mit seiner Topographie eine beeindruckende Struktur. Doch erst wenn man berücksichtigt, dass es inzwischen wieder zu zwei Dritteln aufgefüllt ist, erschliesst sich einem die wahre Dimension. Nach Bericht der Dr. U. Büchi SIA, 1977.



Abb. 94: Die Umlenkung der Wutach vor rund 18 000 Jahren vergrößerte das Einzugsgebiet des Rheins zu Lasten desjenigen der Donau.



Im Zuge der raschen Erosion unterhalb von Schaffhausen fand der Rhein sein ursprüngliches Bett nicht überall wieder. Er wich zur linken Talflanke hin aus, erodierte dort bis auf den harten Malmkalk und stürzt am heutigen Rheinflall in sein altes Bett.

Dank des Bodenseebeckens ist heute das Rheinwasser bei Schaffhausen arm an Geröll und Sand. Die erosive Wirkung des Wassers ist damit stark eingeschränkt, und der Rheinflall hat sich daher seit seiner Entstehung kaum flussaufwärts verschoben, er ist weitgehend stabil, gleichwohl wurden die Felszähne 1879 bzw. 1985 mit künstlichen Massnahmen geschützt.

### **Umlenkung der Wutach**

Am Oberlauf der Wutach fällt die eigenartige, fast alpine Geländeform auf: In der von sanften Hügeln geprägten Landschaft öffnet sich plötzlich eine tiefe, schroffe Schlucht. Dieser «geomorphologische Bruch» liegt in der erdgeschichtlichen Entwicklung begründet: Der Oberlauf der Wutach floss einst der Donau zu bzw. bildete den Oberlauf der damaligen Donau. Die Donau floss in dieser Zeit vom Titisee parallel zur heutigen Wutach Richtung Blumberg, dort folgte sie dem Lauf der heutigen Aitrach bis in die Region von Geisingen bzw. Hausen ins heutige Donautal. Das Erosionsniveau des Einzugsgebietes der nach Osten entwässernden Donau lag deutlich höher als jenes des nach Westen bzw. nach Norden entwässernden Rheins. Diese Niveaudifferenz führte dazu, dass die Zuflüsse des Rheins durch rückschreitende Erosion zunehmend das Einzugsgebiet der Donau «parasitierten». So dehnte ein kleiner Zufluss des Rheins, der dem heutigen Unterlauf der Wutach entspricht, sein Einzugsgebiet zunehmend nach Norden aus. Vor rund 18 000 Jahren, also gegen Ende der letzten Eiszeit, war es dann so weit: der kleine Rheinzufuss schuf im Bereich von Achdorf einen Abfluss des Oberlaufs der damaligen Donau, dieser wurde in das Einzugsgebiet des Rheins integriert. Durch die grosse Höhendifferenz setzte nun eine starke und rasche Erosion ein. Bereits rund 6000 Jahre später hatte die Wutach im Bereich von Bad Boll annähernd ihr heutiges topographisches Niveau erreicht; das Flüsschen hatte sich also mit einer Erosionsrate von rund 25 m pro tausend Jahre in den Untergrund eingetieft. Das ehemalige Donautal bei Blumberg fiel trocken, und der kleine Bach der Aitrach kann dem grossen breiten Tal heute kaum noch gerecht werden.