

Zeitschrift: Mitteilungsheft / Heimatkundliche Vereinigung Furttal
Herausgeber: Heimatkundliche Vereinigung Furttal
Band: 48 (2019)

Artikel: Kleine Geologie : aus der Erdgeschichte unserer Gegend
Autor: Müdespacher, Peter
Kapitel: Ein Gang durch die Erdgeschichte
DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-1036653>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. 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. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

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. [Voir Informations légales.](#)

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. [See Legal notice.](#)

Download PDF: 04.05.2025

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

Ein Gang durch die Erdgeschichte

Das Erdaltertum (Paläozoikum)

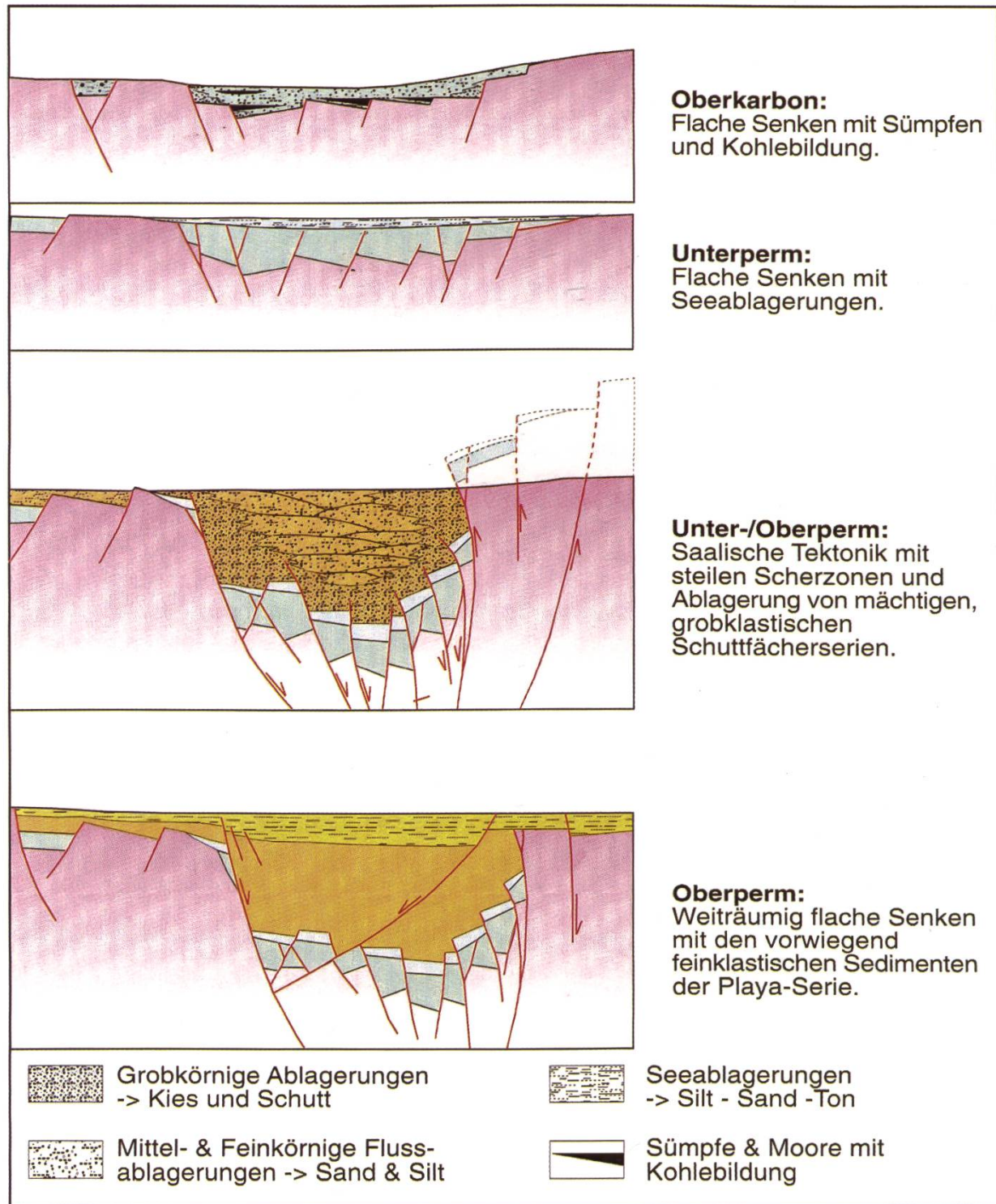
Wird in unserer Gegend sehr tief hinuntergebohrt, stösst man durch immer ältere Schichten in das kristalline Grundgebirge, den kristallinen Sockel vor. Dieser tiefste Untergrund besteht aus Graniten (Erstarrungsgesteinen) und Gneisen (Umwandlungsgesteinen), die während einer Gebirgsbildung vor etwa 350 Millionen Jahren aus noch älteren Ablagerungen entstanden sind. Bei der Erdgasbohrung in Weiach im Jahr 1983 wurde dieser Sockel in einer Tiefe von 2020 Metern erreicht, in der Erdgasbohrung in Lindau lag er 2377 Meter tief. Auch im Furttal müsste man mit etwa 2400 Meter mächtigen Schichten rechnen, bis man auf die Sockelgesteine stiesse, denn diese liegen alpenwärts immer tiefer. Die Schuttmassen, die über dem Grundgebirge abgelagert wurden, sind am Alpenrand über 5000 Meter mächtig.

Der Permokarbon-Trog

Die Bohrung von Weiach 1983 brachte eine weitere Entdeckung. In weiten Teilen des Mittellandes liegen die Ablagerungen des Erdmittelalters (Mesozoikums) direkt auf dem kristallinen Sockel. Die Sedimente aus dem Karbon und Perm fehlen. Diese wurden während einer langen Zeit durch Erosion abgetragen. In Weiach entdeckte man einen über 1000 Meter tiefen Trog, der mit Ablagerungen aus dem Perm gefüllt ist. Dieser Trog ist das Resultat einer anfänglich langsamen Senkung und eines abschliessenden raschen und tiefen Einbruchs (saalische Phase der variskischen Gebirgsbildung). Im Oberkarbon entstanden Sümpfe, in denen sich Mulden bildeten. Nach und nach wurden grosse Mengen von Torf abgelagert. Später wurden die tiefer werdenden Seen mit Lehm, Sand und Kies gefüllt (Unterperm).

An der Grenze vom Unter- zum Oberperm brachen mehrere dieser Mulden als Schollen rasch in die Tiefe, während andere Zonen durch grossen Seitendruck emporgehoben wurden. In den immer tiefer liegenden Senken lagerten sich die Trümmer der von den Hochflächen erodierten Gesteine in grossen Schuttfächern ab. Dabei wurde das Relief wieder flacher und da unser Gebiet weiter absank, wurde es wiederum von Wasser überflutet und erneut von Meeresablagerungen eingedeckt (Playa Serie). Durch den Druck der überlagerten Schichten und der mit der Tiefe zunehmenden Temperatur wurden die Torfschichten aus dem Oberkarbon gepresst und langsam in

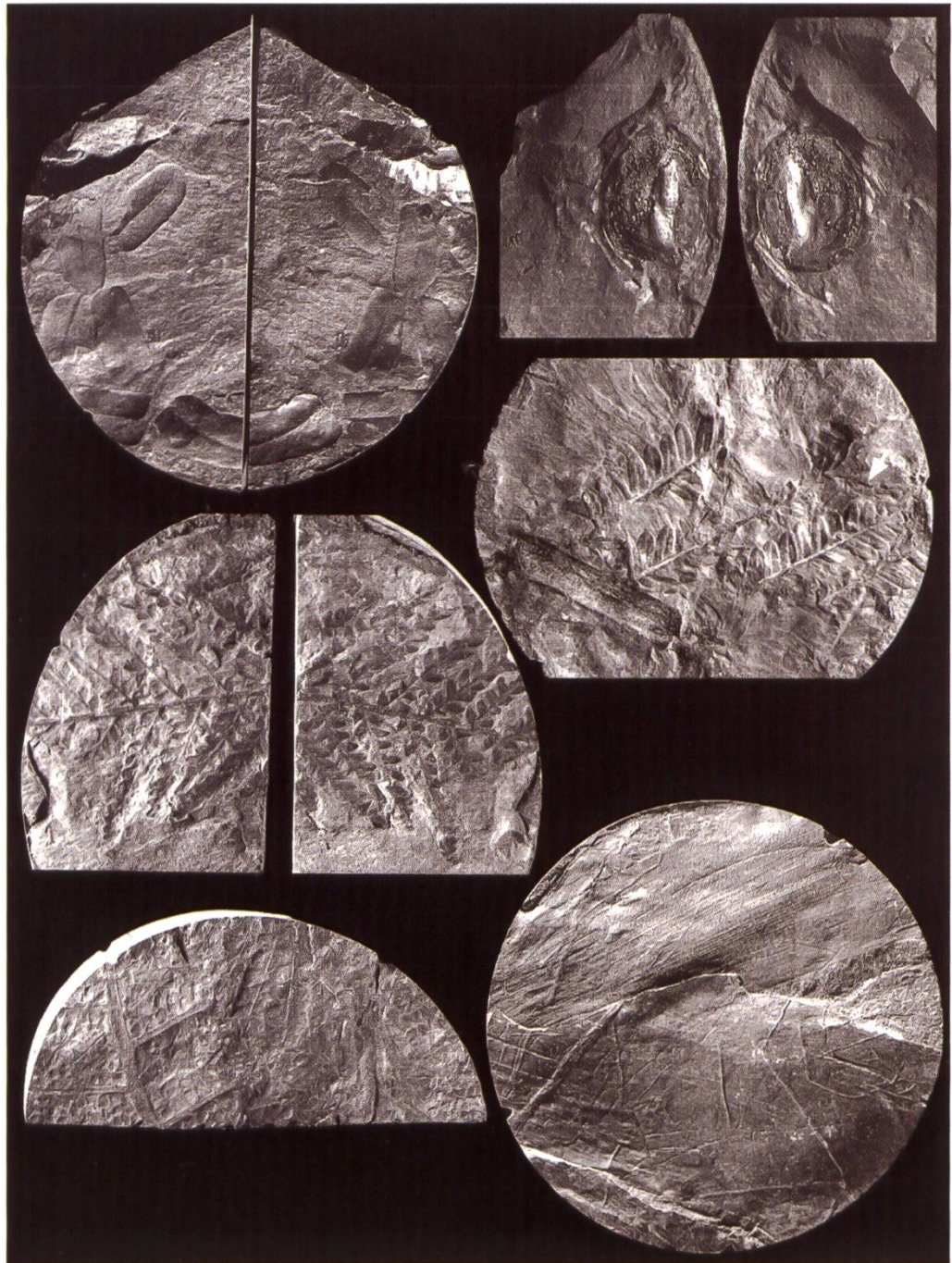
Kohle umgewandelt. Diese Kohleflöze wurden in mehreren, insgesamt 32 Meter mächtigen Schichten durchbohrt. Da sie aber in über 1500 Meter Tiefe liegen und durch gebirgsbildende Prozesse in einzelne Pakete aufgeteilt sind, wäre ein Abbau äusserst aufwändig und wirtschaftlich nicht lohnend.



Die Entstehung des Nordschweizer Permokarbon-Troges (Nagra, 1999)

In den Bohrkernen entdeckte man prächtige Pflanzenfossilien (Schachtelhalme, Farne), aber auch die Abdrücke verschiedener Fische.

Auch unter dem Furttal dürften Ablagerungen aus dem Perm anzutreffen sein. Dies wird aufgrund seismischer Untersuchungen vermutet. Ob darin auch Kohleflöze enthalten sind, könnte nur durch eine Tiefbohrung geklärt werden. In Zürich fehlen diese Schichten bereits. Man muss annehmen, dass sie durch Erosion abgetragen wurden.



*Pflanzenfossilien in den Bohrkernen der Bohrung Weiach.
«Geologie des Kantons Zürich» (Thomas Bolliger).*

Das Erdmittelalter (Mesozoikum)

Das Mesozoikum begann nach einer ökologischen Katastrophe am Ende des Perms, deren Ursache noch nicht eindeutig aufgeklärt ist. Bei diesem grössten bekannten Massenaussterben der Erdgeschichte starben zwischen 75 und 90 Prozent aller Tier- und Pflanzenarten aus. Dies ermöglichte die Evolution einer neuartigen Fauna und Flora. Zu Beginn des Mesozoikums wurde das Klima feuchter und tropischer. Die Dinosaurier entwickelten sich während der Trias aus den Kriechtieren und dominierten die Ökosysteme der Erde bis zum Ende der Kreidezeit. Es entwickelten sich die Vögel. Darüber hinaus erschienen die ersten kleinen Säugetiere, Blütenpflanzen und die meisten Bäume, die wir heute kennen.

Die Triaszeit

Buntsandstein

Zur Zeit der frühen Trias, das heisst vor etwa 240 Millionen Jahren, war das variskische Gebirge zu einer Hügellandschaft abgetragen. In den Gräben und Senken lagerten sich Sand und Lehm ab, aus denen später bunte Sandsteine entstanden, die der Epoche den Namen gaben. Das anfänglich feuchtwarme Klima wurde dabei heisser, trockener und steppenartig (arides Klima). Einige Gebiete dürften zu dieser Zeit schon vom Meer überflutet worden sein. Man erkennt dies an Dolomitablagerungen, die nur im Meer entstanden sein können. Eine solche Überflutung nennt sich Transgression.

Muschelkalk

Schliesslich war unser ganzes Gebiet von einem flachen, warmen Meer mit reicher Fauna eingenommen. Dieses trocknete an den Rändern zeitweise aus. In den abgeschnürten Becken kristallisierten Kalk, Gips und Salz aus. Diese Ablagerungen werden Evaporite (Verdunstungsrückstände) genannt. Ähnliche Sedimente können wir heute am Rande des Toten Meeres sehen. In den Kalkschichten finden sich versteinerte Brachiopoden (Armfüssler), Seelilienreste und Muscheln. Diese haben der Epoche den Namen gegeben, obwohl bei weitem nicht alle Ablagerungen des Muschelkalkes Muscheln enthalten. Für die Altersbestimmung sind diejenigen Formen und Arten wichtig, die nur während einer kurzen Zeit auftraten und dann wieder aus-

starben. Sofern ihr Verbreitungsgebiet gross genug war, konnten Schichten, in denen diese Fossilien vorkamen, auch an weiter auseinander liegenden Fundstellen zeitlich eingeordnet werden. Solche Fossilien werden Leitfossilien genannt. Mehrere von ihnen haben der entsprechenden Schicht den Namen gegeben, zum Beispiel Arietenkalk, Posidonienschiefer (Lias), Opalinuston (Lias, Dogger).

Keuper

Erneut sank der Meeresspiegel, und in den küstennahen Becken verdunstete der grösste Teil des Wassers. Zuerst setzten sich Kalk und Mergel, dann Gips und zuletzt Salz darin ab. Anschliessend wurden diese Schichten durch Einschwemmungen vom Land her abgedeckt (Deltaablagerungen aus Ton, Silt, Sand und Kies). Dieser Zeitabschnitt wird als Keuper bezeichnet. Dieses Alter haben auch die ältesten Ablagerungen, die wir in unserer Gegend aufgeschlossen finden. Es sind die Gips- und Mergelschichten, die nördlich der Lägern in der Gipsgrube von Oberehrendingen in einer schönen Antiklinale (nach oben gewölbte Falte) anstehen. Im Furttal liegen die Gesteine der Trias (Buntsandstein, Muschelkalk und Keuper) wie diese drei Zeitabschnitte genannt werden, tief unter den Ablagerungen des Jura und einer dicken Schicht von Molasse, dem Schutt aus den sich auftürmenden Alpen.

*Gipsgrube Oberehrendingen.
Antiklinale aus dem oberen
Keuper. Wechsellagerung von
Faser- und Rosengips mit
dünnen Mergelschichten.*



Die Jurazeit

Lias (schwarzer, unterer Jura)

Diese Zeit begann vor etwa 210 Millionen Jahren. Damals zerfiel der Grosskontinent Pangäa in die heutigen Erdteile. Die Kontinente drifteten auseinander.

nander, der zentrale Atlantik tat sich auf und zwischen Europa und Afrika bildete sich das Ur-Mittelmeer, die Tethys.

Unser Gebiet befand sich am Südrand von Europa. Im Flachmeer (Schelf) vor der Küste lagen Inseln. Die Wassertiefen wechselten von null bis etwa 300 Meter. In unserer Gegend wurden zuerst Tone und Mergel abgelagert. Später entwickelte sich eine reiche Fauna, unter anderem mit Muscheln, Ammoniten, Brachiopoden, Seelilien und Belemniten. Es entstanden dünne, in der Sprache des Geologen «geringmächtige» Kalkschichten. Gegen Ende des Lias folgte wieder eine Ton- und Mergelablagerung. Durch Einschwemmungen von organischem Material sind diese Kalk- und Mergelablagerungen dunkel gefärbt (schwarzer Jura). In unserer Gegend ist der Lias nur im obersten Teil der Gipsgrube von Oberehrendingen in einem schmalen Band aufgeschlossen. Gesamthaft ist er hier nur etwa 30 Meter mächtig.

Dogger (mittlerer, brauner Jura)

Vor 180 Millionen Jahren war der Meeresspiegel wieder angestiegen. Ein etwas tieferes Becken lag zwischen Flachwassergebieten über versunkenen Inseln und Küstenzonen. In diesem Becken wurden Ton, Kalk und Mergel abgelagert. Von den Flachwasser-Plattformen her wurden eisenhaltige Verwitterungsrückstände eingespült. Diese haben die Kalke bräunlich, die Tone und Mergel grau bis graublau gefärbt. Die Ablagerungsraten waren vor allem im späten Dogger klein, deshalb wurden in Tausenden von Jahren nur wenige Zentimeter Sedimente abgelagert. An der Lägern sind diese Schichten gesamthaft etwa 160 Meter mächtig und oberhalb der Gipsgrube von Oberehrendingen den Waldwegen entlang gut aufgeschlossen. In einigen Kalkbänken sind Fossilien wie Ammoniten, Belemniten und Muscheln recht häufig.

Malm (oberer, weisser Jura)

Noch immer bestand in unserer Gegend das von einer vielfältigen Fauna belebte, bis etwa 200 Meter tiefe Meeresbecken, begrenzt von Korallenriffen und Lagunengebieten. Zuerst wurden Mergel und Mergelkalke, dann aber recht reine, helle und harte Kalke abgelagert. Man unterteilt diese Ablagerungen im Bereich der Lägern von unten nach oben in Birmenstorfer-, Effinger-, Geissberg-, Wangener-, Badener- und Wettingerschichten. Alle diese Schichten enthalten Fossilien wie Ammoniten, Seelilienstücke, Seeigel, Schwämme, Belemniten, Muscheln, Brachiopoden, Fische und Haifischzähne. Sogar die Wirbel eines Meereskrokodils wurden gefunden.

Die jüngeren Schichten des Malm sind vor allem im Lägernsteinbruch von Steinmaur bei Dielsdorf gut aufgeschlossen (Badener- und Wettingerschichten). Ein Besuch im dortigen Steinbruch und Museum ist sehr zu empfehlen.

«Lebensbild aus dem Jurameer der Malmzeit». Aus der Dokumentation der Lägern-Steinbrüche AG, mit Genehmigung von Heinrich Bader, Steinmaur bei Dielsdorf (Zeichnung Beat Scheffold).



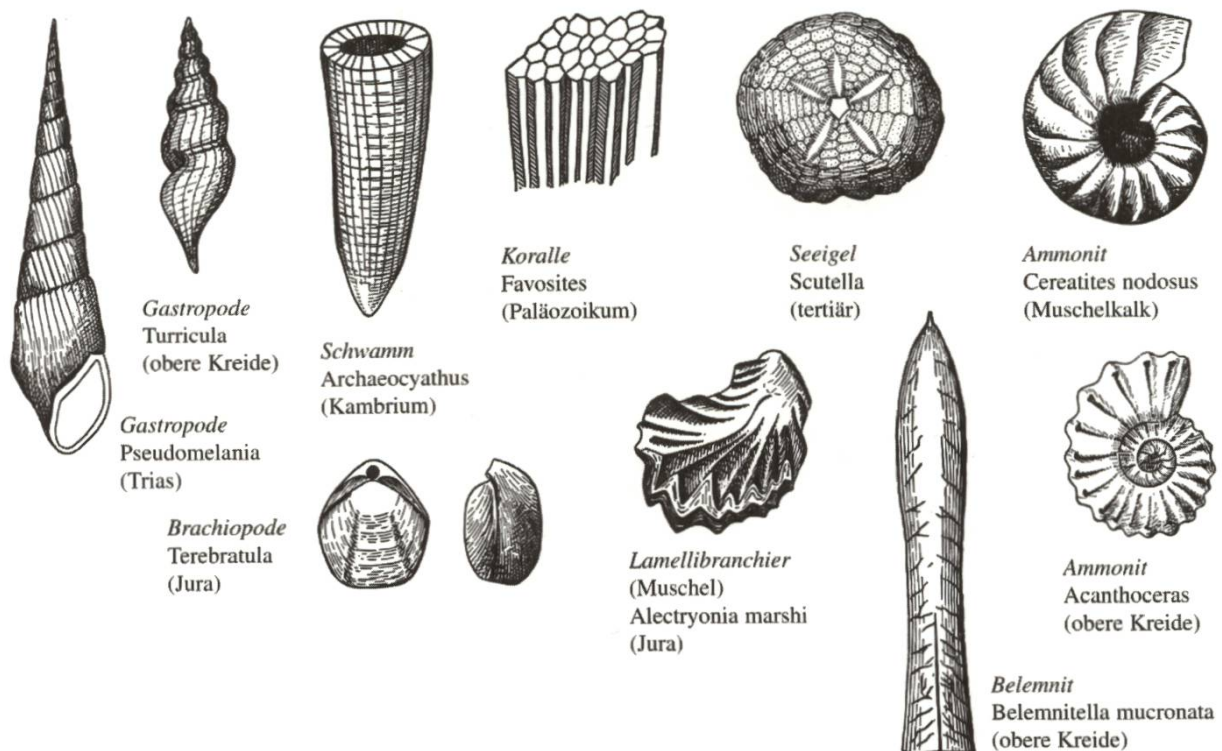
Die grosse Schichtlücke

Vom letzten Abschnitt der Malmzeit finden wir keine Ablagerungen mehr. Während sich in der Westschweiz immer noch ein flaches Meer ausdehnte, hob sich der Meeresboden bei uns in dieser Zeit über Meereshöhe, sodass die obersten Schichten der Verwitterung ausgesetzt waren. Wir wissen deshalb nicht sicher, wie viele weitere Schichten abgelagert und danach wieder vollständig abgetragen wurden.

Die Kreidezeit

Während der ganzen Kreidezeit bis ins Tertiär hinein blieb unser Gebiet Festland. Nur die Westschweiz und grosse Gebiete im Süden waren noch unter Wasser (Flyschmeer). Dort wurden mehrere hundert Meter mächtige Kalkschichten abgelagert, die wir im westlichen Jura und vor allem in unseren östlichen Landesteilen sehen. Das ganze Säntisgebirge besteht beispielsweise aus Ablagerungen aus der Kreidezeit. Bei uns war es umgekehrt. Hier wurde anhaltend erodiert. Es entstanden tiefe Karstspalten, wie man sie im Steinbruch Dielsdorf an der Lägern sehen kann. Dabei wurde der Kalk unter dem Einfluss der im Regenwasser gelösten Kohlensäure in

Kalzium-Bikarbonat umgewandelt und aufgelöst. Wo der Boden überwachsen war, wurde das Wasser durch die Wurzeltätigkeit zusätzlich mit CO₂ angereichert, sodass tiefe Gräben aus dem Kalk herausgelöst wurden. Man nennt die weniger tiefen Spalten auch Karren oder Schratten. Teilweise bildeten sie ganze Felder, wie wir sie zum Beispiel auf der Silberen oberhalb des Muotatals oder der Erigsmatt oberhalb Braunwald antreffen. In der Tiefe bildeten sich Höhlen, in denen das Wasser oft durch unterirdische Bäche zirkulierte (beispielsweise Walhalla an der Lägern, Hölloch, Beatushöhle, Nidelloch).



Beispiele einiger Fossilien. «Geologischer Wanderführer Schweiz» (Hans Heierle).

Da in den Kalkschichten immer auch unlöslicher Ton und Quarzsand, aber auch Eisenoxyde enthalten sind, sammelte sich dieses Material in den Karstspalten und in den unterirdischen Karsthöhlen an (Grubenlehm, Boluston, Bohnerz). Die Quarzanteile verdichteten sich mit der Zeit zu faust- bis kopfgrossen Konkretionen, die aussen eine raue Übergangsschicht aufweisen und innen aus glashartem Feuerstein (Silix) bestehen. Es sind die Knollen, aus denen die ersten Menschen ihre Steinwerkzeuge und Waffen herstellten.

Daneben verdichteten sich die eisenhaltigen Bestandteile. Bohnerz wurde auch im Furttal gefunden und dann an Eisenhütten verkauft. Noch in der

Neuzeit hat man bei Choindez im Jura und in Neuhausen Bohnerz abgebaut und verhüttet.

Die Karstspalten und Dolinen wurden damals immer wieder Tieren zum Verhängnis, wenn sie in diese oft mehrere Meter tiefen, lehmigen Löcher stürzten. In solchen Karstspalten sind Fossilien gefunden worden, die es uns heute ermöglichen, die Fauna der Kreidezeit zu rekonstruieren. Auch heute gibt es noch solche Karsterscheinungen in unserer Nähe. Eine Wanderung durch den Bödmerenwald im Muotatal führt an mehreren dieser tückischen Löcher vorbei, von denen die meisten in das Höhlensystem des Höllochs einmünden.



*Faustkeil aus Silex.
Aurignacien (Frankreich).*

Die Erdneuzeit (Känozoikum)

Vor 65 Millionen Jahren begann die Erdneuzeit. Sie muss mit einer Katastrophe begonnen haben, denn damals starben die Saurier und die Ammoniten aus und mit ihnen etwa zwei Drittel aller Tier- und Pflanzenarten. Man ist heute ziemlich sicher, dass die Ursache im Einschlag eines grossen Meteoriten im Gebiet des heutigen Golfs von Mexiko lag. Die ungeheure Geschwindigkeit, mit der dieser Himmelskörper von einigen Kilometern Durchmesser die Erde getroffen hatte, bewirkte, dass grosse Wasser- und Erdmassen verdampften und sich das örtliche Meer weitgehend leerte. Eine ungeheure Flutwelle fegte über Meer und Land. Ein riesiger Krater entstand und die Druckwellen durchbebten die Erde bis in die tiefsten Schichten. Man nimmt an, dass sie sich auf die gegenüberliegende Seite des Erdballs fokussierten und die Erdkruste

bersten liessen. Viele Vulkane brachen aus und schleuderten ihre Gas- und Aschenemissionen bis weit in die Stratosphäre hinauf. Der Himmel verdunkelte sich für viele Jahre und die Atmosphäre war von aggressiven Gasen vergiftet. Dies bewirkte eine grundlegende Veränderung des Weltklimas. Davon betroffen waren vor allem die Pflanzen und Tiere auf dem Land bis in grosse Höhen.

Das Aussterben vieler Tiere und Pflanzen hatte aber nicht nur negative Folgen. Es schuf Freiräume für neue Pflanzen- und Tierarten. Die Bedecktsamer (Blütenpflanzen) eroberten das Festland und die Säugetiere konnten sich rasch entwickeln und ausbreiten. Dies belegen viele Fossilfunde aus den Karstspalten an der Lägern. Knochen von Affen, Schlangen, Krokodilen, Huftieren, Nagern und Raubtieren wurden hier gefunden. Diese Tiere müssen bei mässig warmem und feuchtem Klima in einer Landschaft gelebt haben, die sowohl Wald- wie Steppengebiete umfasste.

Das Tertiär

Die Molassezeit

Die Molasse ist der Grund, auf dem wir leben. Der Name kommt von «molare» (mahlen). Es sind die Trümmer der Alpengesteine, die unseren Untergrund bilden. Auf unseren Äckern und Gärten liegt meist eine dünne Schicht Moräne aus den Eiszeiten darüber. Der ganze Altberg besteht aus Molasse. Auch an der Lägern ist sie an vielen Orten aufgeschlossen. Im Talboden bildet sie die Felsunterlage unter den eiszeitlichen Schottern. Die Festlandzeit, aus der wir keine Ablagerungen haben, dauerte etwa 150 bis 25 Millionen Jahre vor heute. Es handelt sich um die grosse Schichtlücke vom obersten Malm bis zum Beginn der Molassezeit. Inzwischen waren die Alpen markant emporgehoben worden durch den Druck der afrikanischen Platte, die keilförmig gegen Nordnordwest in den Eurasischen Kontinent vorstiess.

Nördlich der Alpen senkte sich das Land und bildete eine Mulde, in die nun die immer kräftiger erodierenden Flüsse ihren Schutt, eben die Molasse, ablagerten. In Alpennähe wurde das gröbere Material und weiter weg die feineren Anteile abgesetzt. Die beiden grössten Schuttfächer bildeten der Ur-Rhein und die Ur-Aare.



Blick von der Lägern Hochwacht nach Süden. Das Furttal, Altberg, Albis und Heitersberg, darüber das Alpenpanorama.

Der Rhein trat damals in der Gegend des Walensees aus dem Gebirge heraus. Sein Schuttfächer reichte von der Ostschweiz bis in unsere Gegend. Den Walensee, die Churfürsten und den Säntis gab es noch nicht. Im Norden lag sein Rand einige Kilometer nördlich des heutigen Rheinlaufs. In den alpenfernen Zonen, also auch bei uns, wurden nur noch die feineren Komponenten abgelagert, denn hier war das Land flach und die Flüsse hatten keine grosse Transportkraft mehr. Sand, Silt und Mergel füllten nun die Flussrinnen und nur bei Hochwasser setzte sich etwas Kies ab. Während sich in Alpennähe Kies und Geröll zu Konglomeraten (Nagelfluh) verdichteten, entstanden hier Sandsteine und dazwischen aus den lehmigeren Ablagerungen Mergelbänke. Die nordwärts strömenden Flüsse mäandrierten dabei in breiten Schwemmebenen. Bei Hochwasser wurden ganze Talabschnitte unter Wasser gesetzt und mit Schutt überdeckt. Gleichzeitig senkte sich das Alpenvorland kontinuierlich, sodass sich in Alpennähe etwa 5000 Meter hoher Schutt ablagerte. Dieser bestand zum grössten Teil aus Trümmern der Meeresablagerungen, die einst die Alpen bedeckt hatten (Kalknagelfluh). In einer späteren intensiven Phase der Alpenfaltung wurden dann diese zu Fels verkitteten Molasseschichten gehoben, zerbrochen und um einige Kilometer übereinander geschoben

(Subalpine Molasse). Dabei wurden auch Schichten gefaltet oder zerbrochen und schiefgestellt, wie bei der Rigi, deren Schichten nun gegen den Vierwaldstättersee einfallen statt nach Norden. Die subalpine Molasse wurde nachträglich weiter gehoben oder sogar von nachrückenden Kalkschichten überfahren. Im Speer erreichen diese Molassefelsen die Höhe von 1954 Meter.

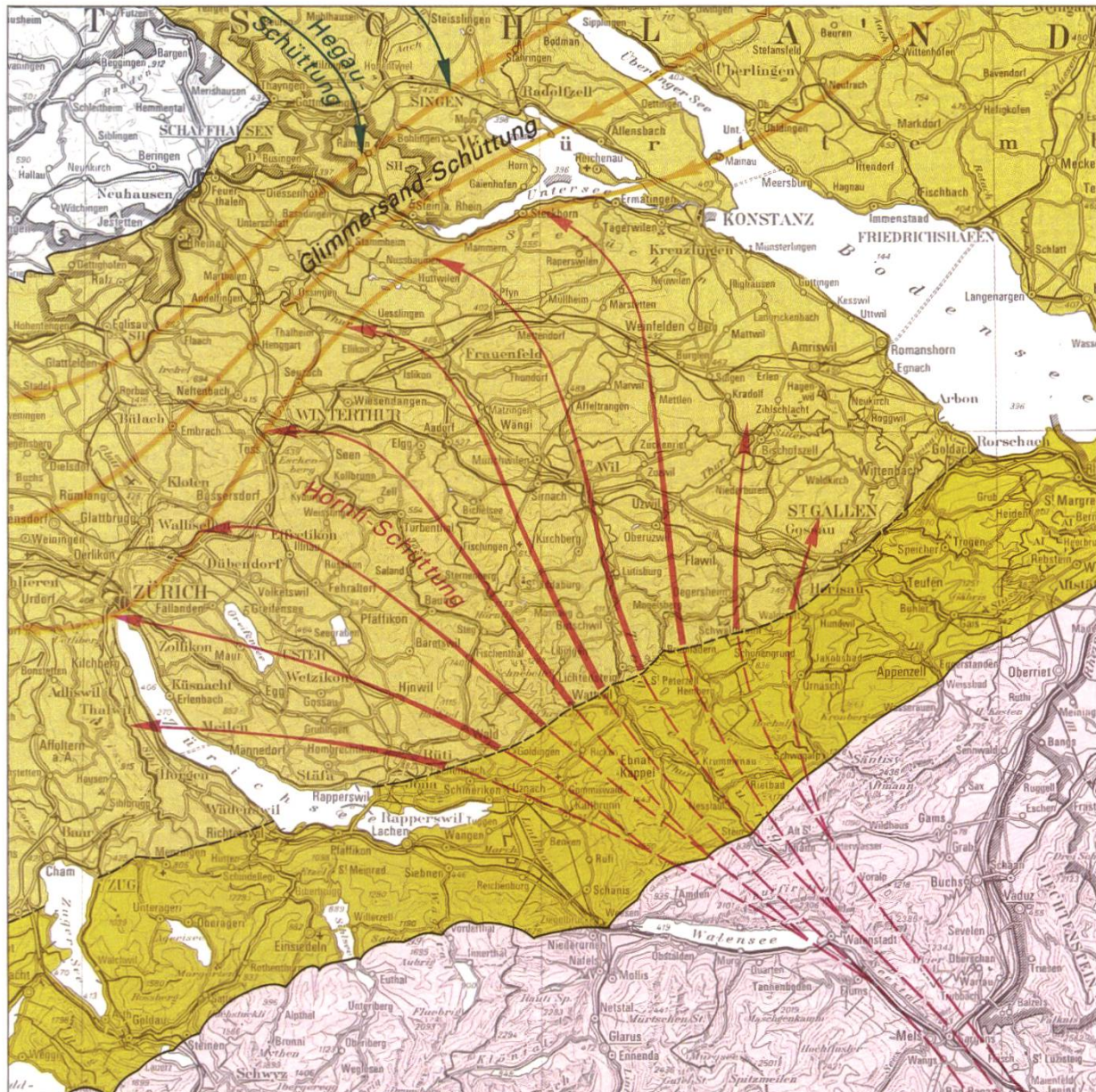
Die Untere Meeresmolasse (unteres Oligozän)

Im zeitlichen Ablauf der Molasseschüttung kann man vier Abschnitte unterscheiden. Am Anfang lag am Alpenrand noch ein schmaler Meerestrog, der durch den Schutt der sich auffaltenden Alpen schnell aufgefüllt wurde. Diese Ablagerungen bezeichnet man als Untere Meeresmolasse. In unserer Gegend war Festland und deshalb findet man bei uns keine Ablagerungen aus dieser Zeit. Es herrschte ein subtropisch warmes Klima mit starker Erosion und einem entsprechend ausgeprägten Relief mit Tälern und Höhen, Kalkfelsen, Bächen und Seen.

Die Untere Süsswassermolasse (oberes Oligozän und unteres Miozän)

Vor etwa 30 Millionen Jahren (im mittleren Oligozän) senkte sich der Meeresspiegel erneut. Damals erreichte der Schuttfächer aus den Alpen nach und nach auch unsere Gebiete. Diese Ablagerungen – Sande, Mergel und etwas Kies – nennt man Untere Süsswassermolasse. Leider existieren bei uns keine Aufschlüsse in der Unteren Süsswassermolasse. Damals herrschte ein warm gemässigt von Kühlphasen unterbrochenes Klima mit etwa 15-18° Celsius Jahrestemperatur. Nicht bloss Palmen, auch Magnolien, Lorbeer, Walnussverwandte und Sumpfympressen wuchsen neben Weiden, Ahorn, Pappeln und einer üppigen Krautschicht. In den Wäldern und Auen tummelte sich eine bunte Tierwelt. Hirsche, Schweine und Nashörner, aber auch Nagetiere und Raubtiere gehörten dazu, ebenso wie viele Urformen der heutigen Fauna. Gegen die Alpen hin waren die Flüsse sehr aktiv. Überschwemmungen, Erdbeben und die starke Erosion formten die Landschaft laufend tüchtig um, sodass schliesslich die erwähnten bis zu 5000 Meter mächtigen Ablagerungen am Alpenrand resultierten. Diese Schuttmassen liegen auch heute noch zum grössten Teil unter Meeresniveau.

Der Hörnlichuttächer



-  Hegau-Schüttung mit jüngerer Juranagelfluh
-  Glimmersand-Schüttung von ENE nach WSW
-  Hörnli-Schüttung

-  Tafeljura
-  Obere Süßwassermolasse (OSM)
-  Südlicher Erosionsrand der OSM
-  Ältere Molasseschichten und subalpine Molasse
-  Alpen

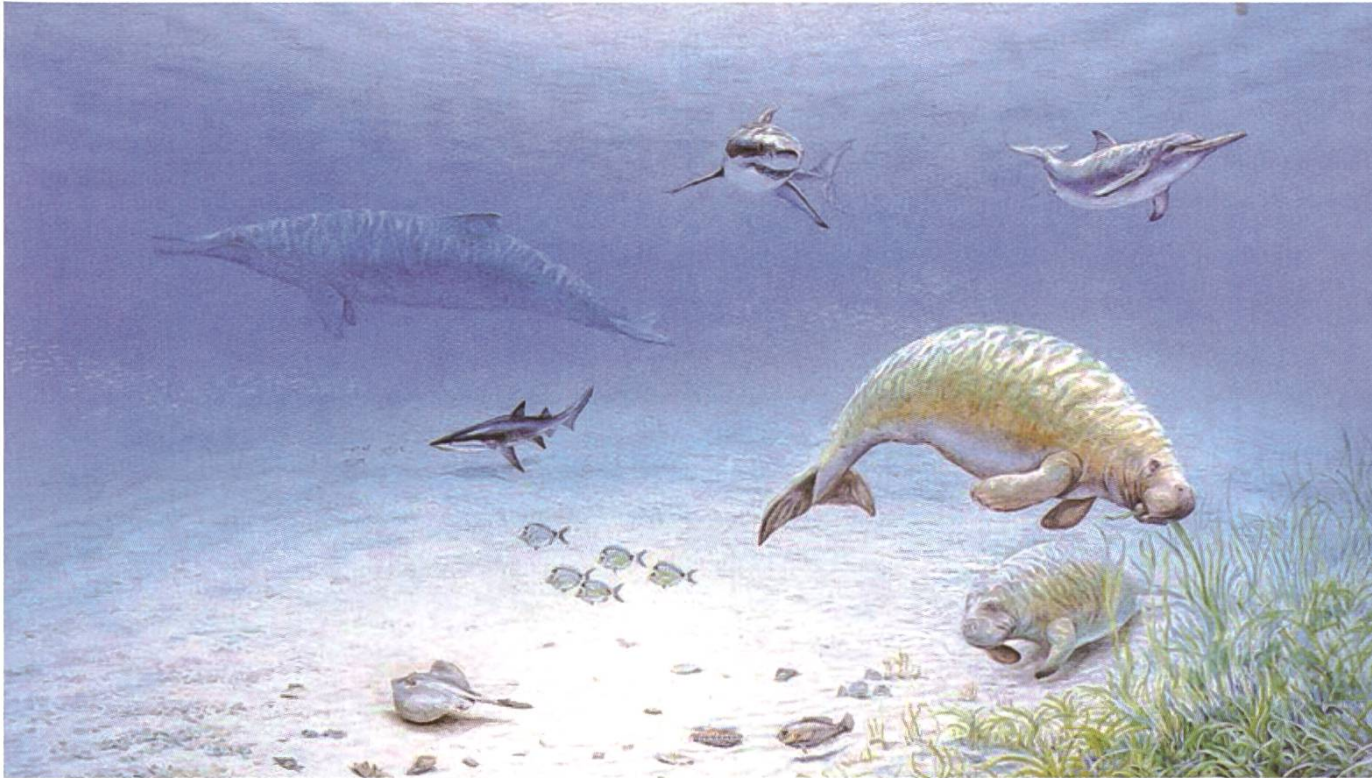
Materialherkunft und Sedimentationsräume zur Zeit der Oberen Süßwassermolasse (nach Franz Hofmann). «Geologie von Zürich» (Heinrich Jäckli, 1989).

Die Obere Meeresmolasse (mittleres Miozän)

Vor etwa 20 Millionen Jahren stieg der Meeresspiegel um etwa 100 Meter an und das Meer drang vom Genferseegebiet her bis zum Bodensee vor. Dieser schmale Meeresarm reichte zeitweise bis gegen Wien, wo er mit dem Rest des Tethysmeeres in Verbindung stand. Während mehr als drei Millionen Jahren wurden Sande, die sich teilweise verfestigten, aber auch Mergel abgelagert. Viele Fossilien belegen, dass sich in diesem Molassemeer ein reiches Leben entwickelt hatte (Haifischzähne, Schalen von Muscheln, Meeresschnecken, Austern, Brachiopoden). Auch einige Fische wurden gefunden. Vom Festland her, vor allem aus weiter westlich gelegenen Teilen der Alpen (Napfgebiet), wurde Sand und Lehm eingeschwemmt, sodass sich Sandsteine, Mergel- und Kalkbänke bildeten, wie wir sie heute im Steinbruch von Würenlos sehen.



Der Steinbruch von Würenlos am Pfaffenbühl. Die höhere Partie Sand und Kies der Oberen Süßwassermolasse. Darunter Silt und Sand der Oberen Meeresmolasse unverfestigt mit wenigen Fossilien. Die untere, 15 Meter mächtige Schicht besteht aus gut verfestigtem Kalk-Muschel-sandstein.



Rekonstruktionsbild flacher Meeresbereiche der Oberen Meeresmolasse von Benken (Zeichnung Beat Scheffold). «Geologie des Kantons Zürich» (Thomas Bolliger, 1999). Zu sehen sind Haie, Rochen, Knochenfische, ein Wal, ein Delphin, zwei Seekühe, Muscheln und Wasserpflanzen.

Die Obere Süsswassermolasse (mittleres bis jüngeres Miozän)

In der darauffolgenden Zeitepoche sank der Meeresspiegel (Regression), weil durch grosse Vereisungen an den Polkappen viel Wasser gebunden wurde. Auch bei uns wurde es kühler. Das Meer zog sich definitiv zurück. Unsere Gegend wurde eine leicht gegen Osten geneigte, von niedrigen Hügeln durchzogene, offene Landschaft mit lichten Wäldern, Seen, Flüssen und Sümpfen. Darin lebte eine vielfältige Fauna und Flora. Das Klima war mässig warm mit kühleren Phasen. In den Wäldern herrschten Kiefer-, Zimt- und Amberbäume vor. Auch Walnussverwandte, Ahorne, Weiden, Pappeln und in den höheren Lagen Föhren sind durch zahlreiche Fossilfunde belegt. Wir bezeichnen diesen Zeitabschnitt als Obere Süsswassermolasse. Die Flüsse brachten in dieser Zeit viel Material aus den immer höher sich auftürmenden Alpen. Sie entwässerten das Land gegen Norden und Nordosten in Richtung einer Ur-Donau und wieder bildete sich ein grosser Schuttfächer, der Hörnlschuttfächer. Da unsere Gegend am nordwestlichen Rand dieses Fächers lag, gelangten bei normaler Wasserführung mit den träge fliessenden Flüssen nur Sand, Silt und Schlamm bis zu uns. Während diese

Ablagerungen im mittleren Limmattal noch etwa 300 Meter mächtig sind, wurden sie im Furttal durch die Aufwölbung der Lägern rasch freigelegt und weitgehend erodiert. Die Schicht läuft gegen den Rhein hin fast vollständig aus. Bei Hochwasser wurde in den Flussrinnen auch Kies abgelagert. In den Aufschlüssen treten deshalb zwischen den feinen Schichten auch Kiesbänder auf. Im Osten hob sich das Gelände etwas, sodass der Rhein schliesslich einen neuen Lauf westwärts fand.



Die Landschaft um Zürich zur Zeit der Oberen Süsswassermolasse. Zu sehen sind: Avocado-, Kampfer- und Zimtbaum, Fächerpalme, Ulme, Pappel, Nussbaum Zypresse und Amberbaum. Fauna: Pfeifhase, Riesenschildkröte, Hornloses Nashorn (rechts) und eine Mastodon-Familie (links). «Geologie von Zürich» (Heinrich Jäckli).

Quellhorizont an der Reppisch. Man erkennt die Mergelschichten der Oberen Süsswassermolasse, welche das durch die Sandschichten dringende Wasser stauen und nur seitwärts ausfliessen lassen.



Mergel

In unserer Gegend besteht der Hauptanteil der Ablagerungen der Oberen Süsswassermolasse aus Mergel. Dieser ist eine Mischung aus Lehm und Kalk. In trockenem Zustand ist er recht hart. Sobald er aber ins Wasser gelangt, quillt er auf und wird plastisch. Mergelschichten sind deshalb oft gefährliche Gleitschichten. Weil sie weitgehend wasserdicht sind und sich in feuchtem Zustand der Unterlage anpassen, sind sie die wichtigsten Quellbildner.

Knauer-Sandsteine

Eine interessante Erscheinung in den Ablagerungen der Oberen Süsswassermolasse sind die Sandsteine. Wie der Name sagt, sind sie aus Sanden entstanden. Diese Schichten wurden häufig nach ihrer Ablagerung von kalkhaltigen Schottern eingedeckt. Durch Erosion und Bodenbildung wurde in diesen Kiesschichten Kalk gelöst. Mit dem Sickerwasser gelangte dieser in die tieferliegenden Sandschichten. Hier kristallisierte er wieder aus und verband die Sandkörner wie Zement zu einem recht harten Stein. Diese Sandsteine wurden an vielen Orten in der Schweiz als Baumaterial genutzt, so beispielsweise in Guntliweid am Zürichsee, in St. Margrethen SG und bei Burgdorf BE. Diese Zementierung aber erfasste oft nur einzelne Mulden oder die Umgebung von Rissen. Wurden dann solche Schichten durch die Talbildung freigelegt, schwemmte das Wasser

die ungebundenen Sande und Mergel rasch aus. Die härteren Partien an den Hängen widerstanden diesem Abtrag und schauten bald als rundliche Knollen oder Schwellen aus den Abhängen heraus. Diese Bildungen nennt man Knauer und solche sind an vielen Stellen am Lägernhang anzutreffen.



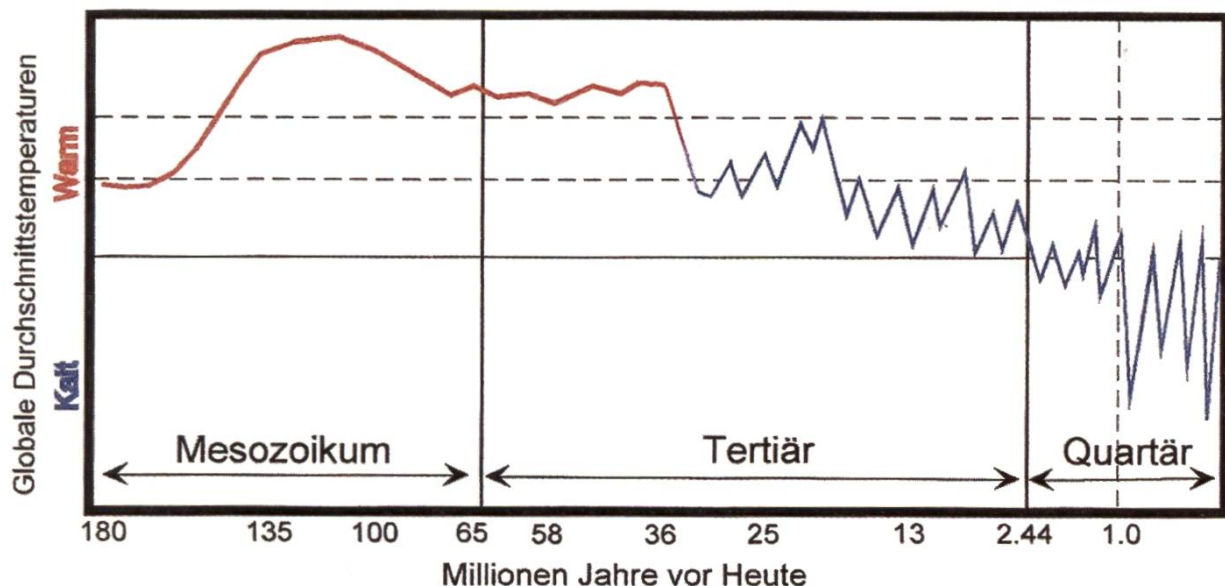
*Sandsteinknauer
am Altberg*

Finaler Vulkanismus

In der Zeit der Oberen Süsswassermolasse entstand jenseits des Rheins ein von Süden nach Norden verlaufendes Risssystem, während ein altes von Ost nach West verlaufendes reaktiviert wurde. Das Untersee- und das Hegaugebiet brachen ein und auf den Kreuzungspunkten entstanden Vulkane, die im jüngeren Miozän und älteren Pliozän in mehreren Ausbruchphasen aktiv waren. Beispiele sind Hohentwiel, Hohenkrähen, Hohenstoffeln, Hohenhöwen und Ballenberg. Im St. Galler Rheintal brachen im gleichen Zeitraum die Decken ein und verschoben sich (Grenzblätter). Der Rhein fand deshalb seinen neuen Lauf durch das heutige Rheintal zwischen Sargans und dem Bodensee. Gasausstösse eröffneten beim heutigen Schienerberg bei Stein am Rhein einen grossen Krater, in welchem sich ein tiefer See bildete (Maarsee). Dieser war für viele Tiere eine gefährliche Falle. Er versumpfte mit der Zeit und die Kadaver wurden im Schlamm konserviert. Hier wurden am Anfang des letzten Jahrhunderts die schönsten Tier- und Pflanzenfossilien aus der Oberen Süsswassermolasse gefunden, die es ermöglichten, ein genaues Bild der damaligen klimatischen Verhältnisse zu skizzieren.

Das Quartär

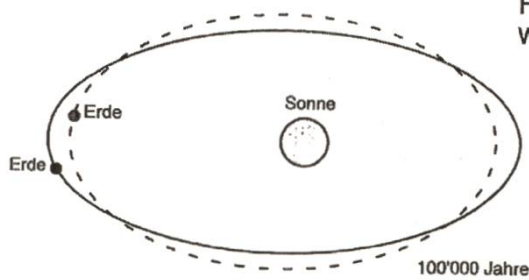
Mitten im Tertiär vor etwa 36 Millionen Jahren begann unser Klima zu schwanken und generell um einige Grade kälter zu werden. Vor 2,5 Millionen Jahren verschlechterte sich das Klima auf der Erde nochmals dramatisch. Nun folgten nacheinander mehrere Phasen von sehr kalten und dann wieder wärmeren Klimata. Die Ursachen, die zu dieser Instabilität geführt hatten, sind bis heute Gegenstand der Klimaforschung. Allgemein anerkannt sind folgende Erkenntnisse: Die Erde kreist nicht immer auf der exakt gleichen Bahn um die Sonne. Ihre schief stehende Achse, die uns unsere Jahreszeiten schenkt, ändert ihre Neigung periodisch. Auch die Schiefe der Ekliptik (Erdbahn) und die Exzentrizität der Erdumlaufbahn ändern sich in regelmässigem Rhythmus.



Klimaschwankungen während Tertiär und Quartär (Zeichnung nach B. Müller)

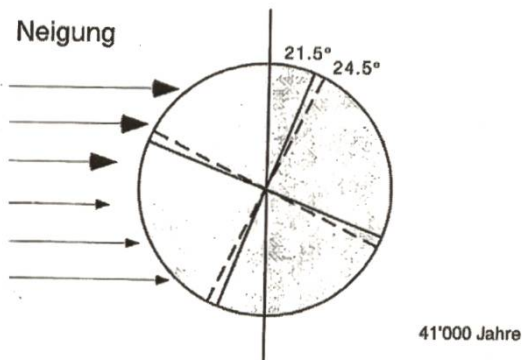
Diese verschiedenen Schwingungen überlagern sich. Ihre Wirkung kann sich gegenseitig abschwächen oder aber summieren, wenn die positiven oder negativen Maximalwerte zusammenfallen (Milankowich-Zyklen). Dadurch ergeben sich grosse Schwankungen in der Sonneneinstrahlung, die das globale Klima stark verändern. Neuere Forschungen lassen annehmen, dass auch Veränderungen im Muster der Meeresströmungen einen grossen Einfluss auf das Klima haben. Hätten wir in Nordeuropa anstelle des Golfstroms den kalten Labradorstrom, wären die Verdunstungsverhältnisse über dem Nordatlantik völlig anders und dadurch auch das Klima bei uns.

Exzentrizität

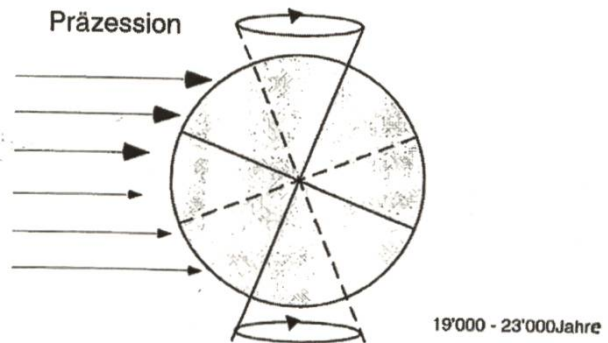


Erdahnparameter, welche bewirken, dass gewisse Regionen der Erde in bestimmten Zyklen mehr oder weniger Sonnenlicht erhalten.

Neigung



Präzession



Mögliche Ursachen für die periodischen starken Klimaschwankungen

Für die Umstellung der Meeresströmungen könnten tektonische Gründe massgebend sein, zum Beispiel das Auftauchen der Landschwelle von Zentralamerika, das die Verbindung des Pazifik mit dem Atlantik unterbrach und völlig neue Strömungsverhältnisse schuf. Eiszeiten sind in der Erdgeschichte nicht neu. Schon im Perm waren beispielsweise Vereisungen mit Hilfe von gekritzten Geschieben nachgewiesen worden. Auch damals wurde das Relief unserer Gegend grundlegend verändert. Sicher hatten schon früher weitere Vereisungen stattgefunden, doch haben wir keine Spuren mehr von ihnen.

Das Eiszeitalter (Pleistozän)

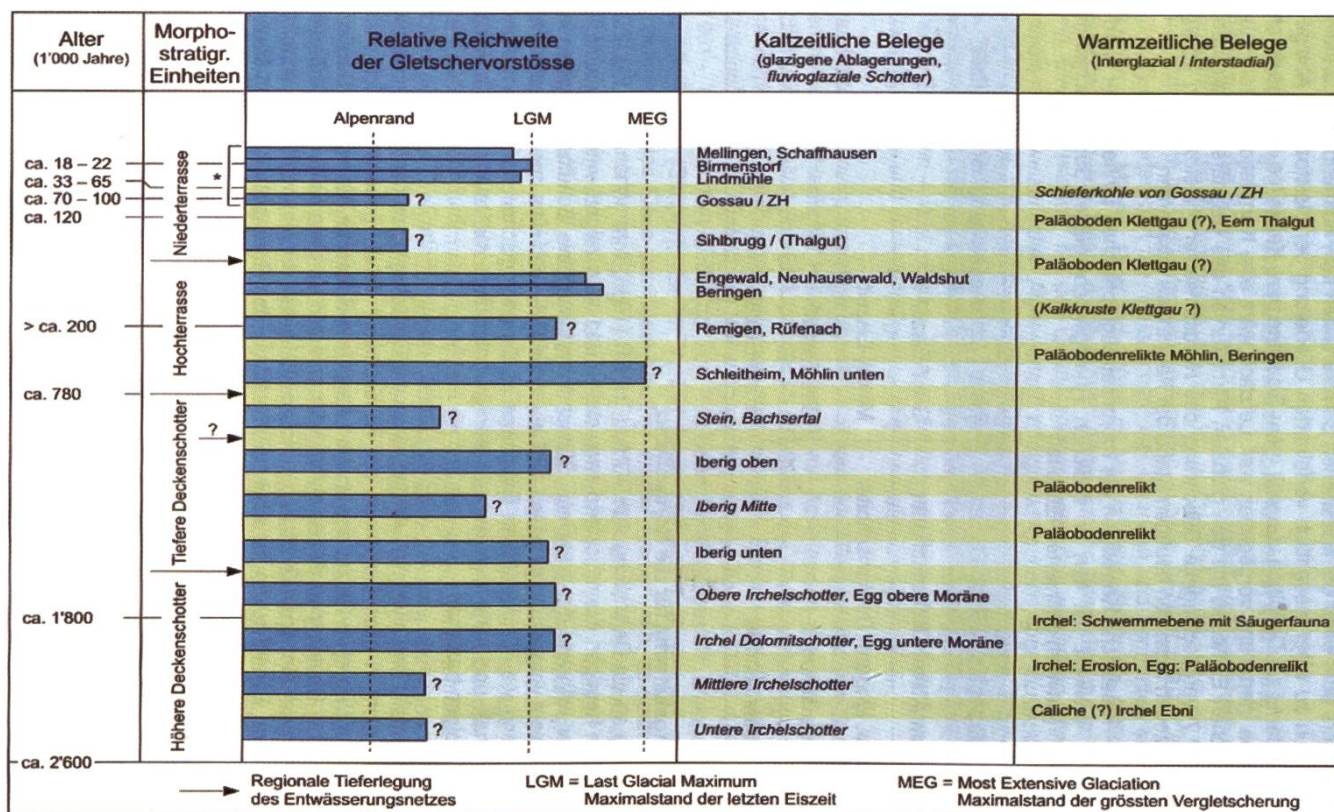
Günz, Mindel, Riss und Würm

Diese «klassische» Einteilung der Eiszeiten geht auf Erkenntnisse zurück, die anfangs des 20. Jahrhunderts in Süddeutschland erarbeitet wurden. Im obersten Donaugebiet hatte man Ablagerungen gefunden, die auf vier Vereisungen schliessen liessen. Diesen Eiszeiten gab man die Namen von Flüssen aus diesem Gebiet. Auch bei uns wurden entsprechende Ablagerungen gefunden und man ordnete sie diesen Eiszeiten zu.

Zwischen diesen Kälteperioden lagen aber jedesmal Warmzeiten (Zwischeneiszeiten, Interglaziale) mit ebenso mildem oder noch milderem Klima, wie wir es heute haben. Dieser Wechsel hat nicht nur bei uns Spuren hinterlassen. Auch auf den Tiefseeböden entstand durch den Klimawechsel eine signifikante Sequenz unterschiedlicher Ablagerungen. Die Untersuchung dieser Sedimente und der lückenlosen Schichtfolgen in Lössablagerungen ergab, dass wir von mindestens 14 Eiszeiten ausgehen müssen. In unserer Gegend lassen sich aber nur die grösste und die letzte Eiszeit an ihren Moränen ablesen, weil jeder Gletschervorstoss die vorher abgelagerten Moränen überfahren und sie dabei weitgehend zerstört hat. Die ersten Vergletscherungen überzogen die in der Molassezeit gebildeten, weitgehend ebenen Schuttfächer ziemlich gleichmässig, und die vorhandenen Mulden wurden erst nach und nach eingetieft. Es sind vor allem die letzten mit den klassischen Bezeichnungen benannten Vereisungen, welche die grossen Veränderungen im Relief unserer Landschaft verursachten. Man hat auch feststellen können, dass innerhalb der einzelnen Kälteperioden grosse Klimaschwankungen stattfanden, sodass die Gletscher wiederholt in mehreren Phasen vorstiessen und wieder abschmolzen, mit wärmeren Zwischenphasen, den Interstadialen (Wärmeperioden).

Die Abkühlung und ihre Folgen

Die Durchschnittstemperaturen sanken damals bei uns um bis zu 12° Celsius. Das Juli-Monatsmittel betrug zeitweise nur noch 5° Celsius. Solche Temperaturen verhinderten jeden Baumwuchs. Diese Verhältnisse glichen denen, wie wir sie heute im hohen Norden haben. Der Wechsel von warm zu kalt erfolgte oft innert weniger Jahrzehnte. Pflanzen und Tiere wanderten in wärmere Gegenden ab. Einige schafften dies nicht und starben aus. Eine Kältesteppe breitete sich aus, und der Boden gefror auch ausserhalb des Gletschergebietes mehrere Meter tief (Permafrost). Im Sommer taute er nur oberflächlich auf. Es entstand ein spärlicher Pflanzenwuchs aus Flechten und Moosen. Auch wenige kälteliebende, niedrige Stauden und Sträucher bedeckten die sonst kahlen und kaum verfestigten Hänge und Hügel, welche nicht vom Eis bedeckt waren (beispielsweise Silberwurz, Weidenarten, Weidenröschen, Föhren und Wacholder).



Die Tabelle zeigt uns 14 Eisvorstösse in unserer Gegend mit ihrer zeitlichen Einordnung. Die Fragezeichen an den Enden der Balken machen deutlich, dass die genaue Ausdehnung der Eisvorstösse nur bei den letzten, und hier nur bei den grossen Vereisungen genau festgelegt werden kann, weil diese jeweils die Spuren der vorangegangenen weitgehend auslöschten (Nagra, Technischer Bericht, 99-08 2002. Verändert und ergänzt nach SCHLÜCHTER, 1989).

Nur sehr kälteresistente Tiere wie Mammut, Rentier, Schneehase, Schneehuhn, weitere Nagetiere und Vögel trotzten diesem lebensfeindlichen Klima. Kühle aber trockene Sommer und nasse, eher warme Winter liessen die schon vorhandenen Gletscher rasch anwachsen. Diese schoben sich bald einmal auf die damals noch ziemlich flachen Schuttfächer aus der Molaszeit hinaus und transportierten dabei viel Schutt. Sie folgten generell den schon vorhandenen Senken, breiteten sich aber, wenn sie mächtiger wurden, auch auf den höhergelegenen Gebietsteilen fast flächendeckend aus. Die Folge war eine breitgefächerte Schüttung von Moränen und Schottermaterial, das die immer höher emporsteigenden Alpen lieferten. In den Hauptstromrichtungen schliffen sich die Gletscher etwas ein, und während der Zeit ihres Abschmelzens erodierten die nun sehr wasserreichen Flüsse weiter. Dazu kam, dass unser ganzes Gebiet eine tektonische Hebung erfuhr, die das Gefälle und damit die Erosion erhöhte. Die in den Tälern mäandrierenden Flüsse füllten bei Hochwasser ihre Betten immer wieder auf und schufen

sich neue Rinnen, die später wieder eingedeckt wurden (die Limmat bei Baden, der Rhein und die Sihl an der Mündung in den Zürichsee).

Die höheren Deckenschotter

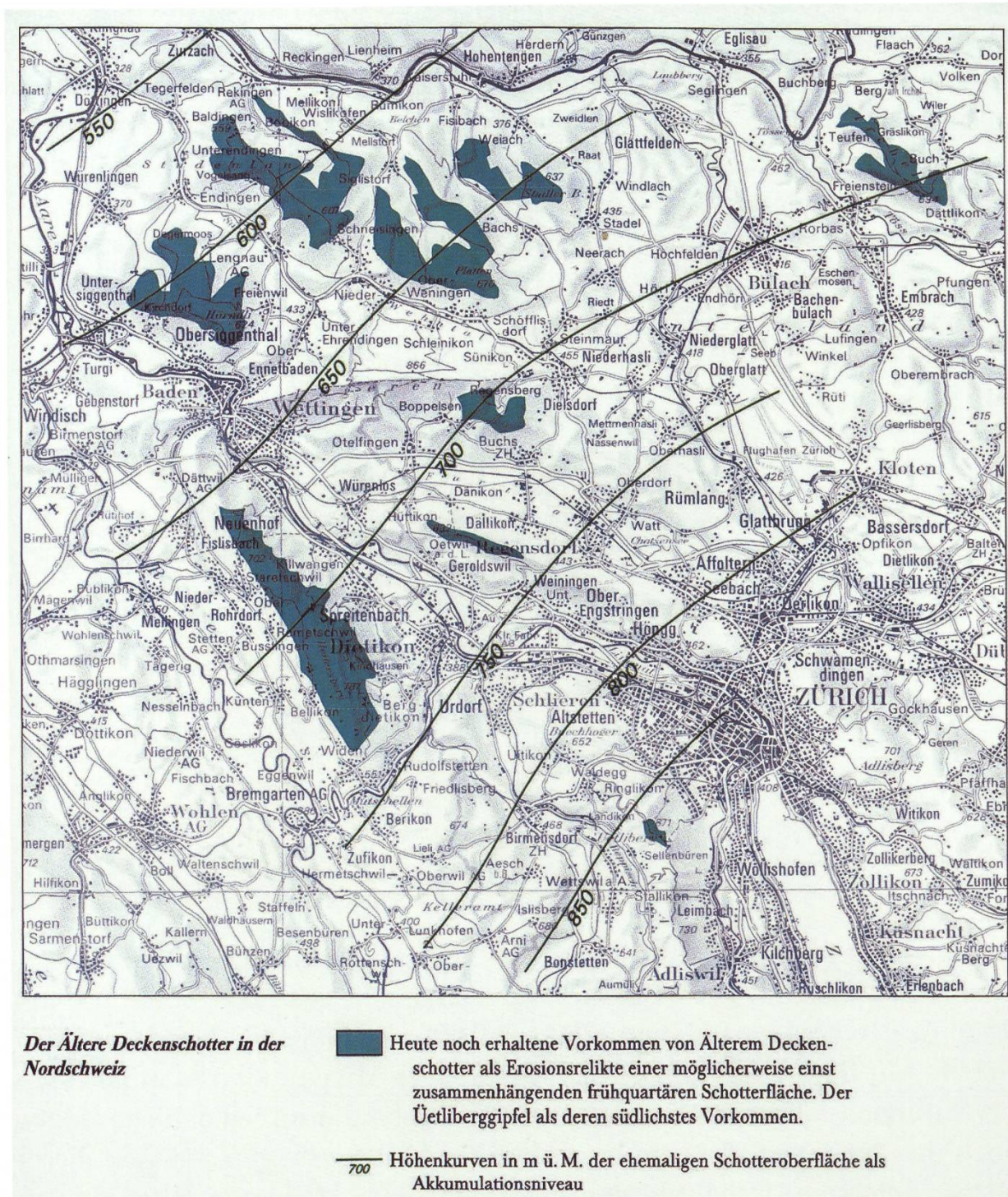
Die Schotter, die in diesen ersten Eiszeiten abgelagert wurden, werden als höhere Deckenschotter bezeichnet. Auf verschiedenen Erhebungen in unserer Umgebung (Buchser Berg, Üetliberg, Heitersberg, Irchel, Stadlerberg, Schöfflisdorfer Egg und andere) liegen diese bis über 30 Meter mächtigen Schotterkörper. Teilweise sind sie zu harten, eher sandarmen Nagelfluhfelsen verkittet worden und bilden einen massiven Deckel über der Molasse. Betrachtet man diese Ablagerungen genauer, so entdeckt man bei einigen Löcher im Gesteinsgefüge (löcherige Nagelfluh). Diese Löcher sind die Höhlungen, welche entstanden, als die Dolomitgerölle durch Erosion aufgelöst wurden. Darin findet man häufig noch den unlöslichen Rest dieser Gerölle, die Dolomitasche, ein hellgraues Pulver, das vorwiegend aus Silikaten besteht.



*«Eis-Stalagmiten».
Löcherige Nagelfluh am
Leiterli auf Uto Kulm.*

Am Rand des Irchelplateaus liegt eine Ansammlung von Überschwemmungs-Sedimenten. H.R. GRAF ist es gelungen, aus einer Sandlinse am Rand des Irchelplateaus eine grössere Zahl von Nagetierzähnen auszusieben. Mit ihrer Hilfe konnte das Alter dieser Ablagerung mit mindestens 1,8 Millionen Jahren bestimmt werden. Da unter diesen Sandablagerungen noch drei weitere Schotterkörper über der Molasse liegen, müssen die ältesten (untersten) Irchelschotter mindestens zwei Millionen Jahre alt sein. Dabei lässt sich nicht bei allen diesen Ablagerungen feststellen, wie nahe der Gletscher jeweils war, der den Schotter lieferte. Auch der Üetliberg

besitzt eine Kappe aus höheren Deckenschottern. Die als Uto-Konglomerat bezeichnete, recht grobe löcherige Nagelfluh liegt auf einer Moräne. Neuere Untersuchungen von GRAF & GUBLER haben ergeben, dass dazwischen weitere Ablagerungen und ein Bodenniveau vorhanden sind. Der Üetliberg war also mehrmals vom Eis überfahren worden, allerdings zu einer Zeit



Der Ältere Deckenschotter in der Nordschweiz (nach Roman Frei). «Geologie von Zürich» (Heinrich Jäckli, 1989).

als weder der Zürichseetrog noch das Reppischtal bestanden. H.R. GRAF belegt in seiner Dissertation «Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz», dass mindestens vier Vergletscherungen innerhalb der Zeit der höheren Deckenschotter bis zur Lägern, beziehungsweise bis ins unterste Aaretal reichten. Diese Deckenschotter-Vereisungen sind aber lediglich die grössten, und wir müssen davon ausgehen, dass dazwischen weitere Kälteperioden lagen, in denen das Eis unsere Gegend nicht erreichte, wohl aber der Schotter, den die Flüsse vor allem bei Hochwasserereignissen daherbrachten. Im Furttal findet man höhere Deckenschotter auf dem Buchser Berg, die aber nirgends aufgeschlossen sind. Auf dem Lägerngrat wurde aller Schutt wieder weggeräumt. Eis und Wasser folgten den tektonisch vorgegebenen Rinnen. Dabei wurden viele Ablagerungen der vorangegangenen Eiszeiten vom Gletscher überfahren oder von Flüssen durchschnitten. Nach dem Abschmelzen der Gletscherzungen füllten die Flüsse die vorher ausgekolkten Becken zuerst mit Wasser. Solche Seen lagen auch im Furttal und im Limmattal. Bei normaler Wasserführung wurde darin die Flusstrübe (Gletschermilch) als Seebodenlehm abgesetzt. Bei Hochwasser wurden die Becken mit dem Schutt aus weggeschwemmten Moränen, ausgespültem Molassematerial und Hochflutgeschiebe weitgehend aufgefüllt. In den darauffolgenden Zwischeneiszeiten entwickelte sich an den Talhängen und auf den trockenen Talböden ein geschlossener Wald, der während der nächsten Eiszeit wieder bis auf den Felsuntergrund abgetragen wurde.

Tiefere (jüngere) Deckenschotter

Auf die Günz-Eiszeit folgte die Mindel-Eiszeit. Die Gletscher erreichten diesmal die höchsten Flächen nicht mehr. Sie schnitten sich tief in die Schotterfluren der vorangehenden Talfüllungen ein. Gletscher und Flüsse hinterliessen dabei in den Tälern eine kompakte Schicht von Moränen und Schottern, die in drei Phasen geschüttet wurden. Diese Schotter enthielten recht viel Kalk aus der Sedimentbedeckung der Alpenmassive und verschwemmtes Moränenmaterial. Vor allem auf den Höhen dem Rhein entlang (unter anderem am Irchel, Rhinsberg, Laubberg, Sanzenberg) sind diese Deckenschotter zu einem festen Nagelfluhdeckel verfestigt. Auch am Pfaffenbühl zwischen Boppelsen und Regensberg ist eine Sedimentmasse aus dieser Zeit liegen geblieben. Diese Ablagerungen entstanden aus Hochflut-Schwemmmaterial und möglicherweise auch aus Überresten von Mittelmoränen, die bei Gletscherhochständen auf diesem Molassehügel abgesetzt wurden. Im Limmattal finden wir die entsprechenden Ablagerungen am

Nordende des Heitersberges, auf dem Gubrist, der Hasleren, dem Sulperg und einen kleinen Rest auf der Herteren oberhalb Wettingen.

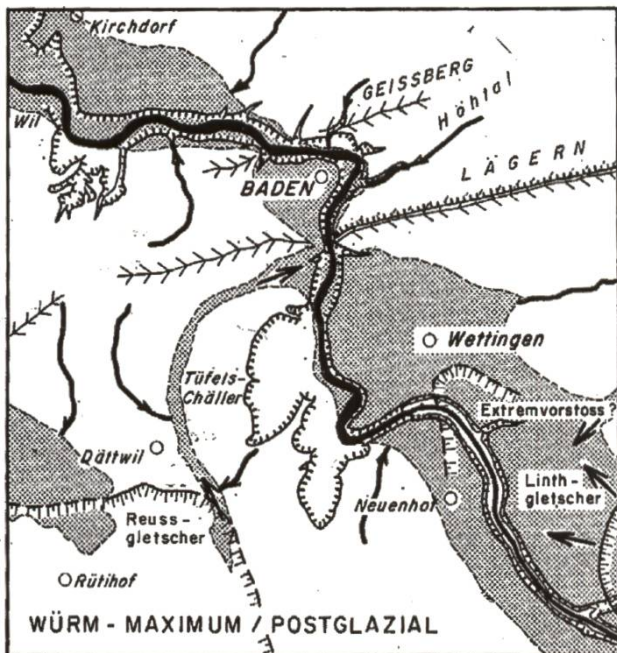
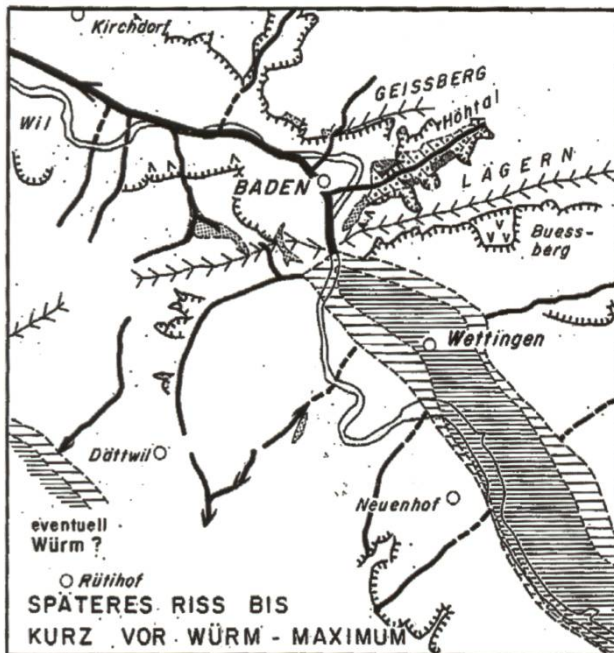
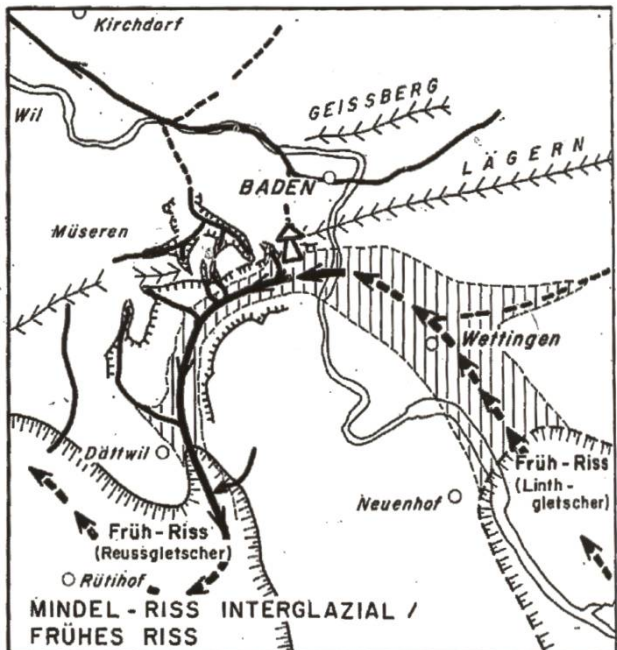
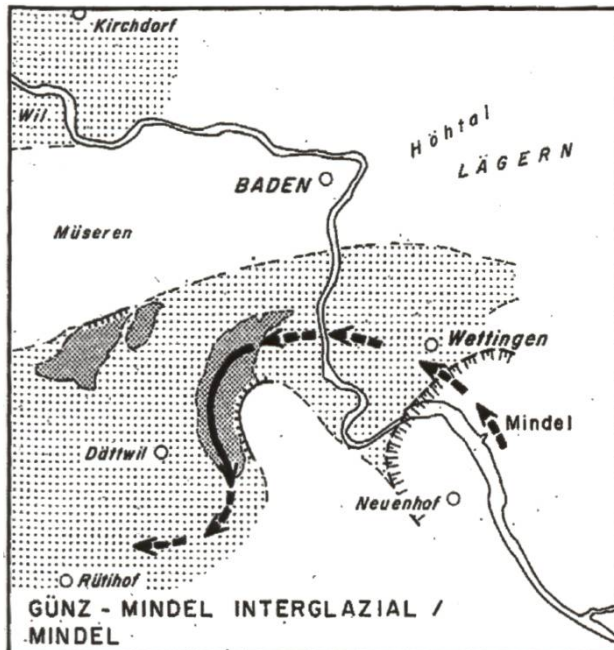


*Rest vom früheren Deckel
aus Tieferem Deckenschotter
auf der Herteren Sanzenberg*

Die grössten Vergletscherungen

Die nachfolgenden «grössten Vergletscherungen», bisher mit «Riss I und II» bezeichnet, bedeckten mit ihren Eisströmen unser ganzes Gebiet und reichten dem Rhein entlang bis nach Möhlin. Der Rhonegletscher dehnte sich bis in die Juratäler hinein aus, und von Norden schickten Schwarzwald und Vogesen ihre Eisströme südwärts. Auf dem Heitersberg und auf dem Altberg wurden Moränen abgelagert, die heute nur noch die höchsten Bereiche bedecken. In den Tälern räumten die Gletscher tüchtig aus und übertieften diese an vielen Stellen um mehrere Dutzend Meter. Diese «Tiefen Becken» wurden teilweise mehr als einmal ausgeräumt und wieder mit Schutt gefüllt, wenn die Gletscher zurückschmolzen. Dabei muss es auch zu grossen Rutschungen und Versackungen gekommen sein (Bergdietikon). Die Talfüllungen aus dieser Zeit bezeichnet man als Hochterrasse. Oft wird noch ein erneuter Vorstoss unterschieden und seine Ablagerungen als Mittelterrasse benannt. Die meisten tiefen Becken, auch die Mulden im Furttal, wurden nicht vollständig mit Schotter gefüllt und bildeten nach dem Abschmelzen des Eises Seen. Besonders interessant ist die Talgeschichte in der Umgebung von Baden. Die Limmat floss vor den grössten Vereisungen durch das Tal von Dättwil und mündete dann in die Reuss. Im Höchststand der Vereisung sperrte der Reussgletscher die Flussrinne bei Dättwil ab und die Eismassen im Limmattal stauten sich am damals noch geschlossenen Wall der Lägern. Schliesslich schafften die Schmelzwasser einen Durchbruch und schnitten in kurzer Zeit eine canyonartige Rinne in die Lägernfalte. Sie befindet sich

Quartäre Talgeschichte und Ablagerungen im Gebiet von Baden



- ehemaliger Bach oder Fluss
- Durchbruch der Limmat; frühe Risseiszeit
- ehemaliger Eisrand
- Rand des Gebiets mit intensiver fluvialer Erosion, heute erhalten, aber oft überdeckt oder überarbeitet; zum Teil Rutschgebiete
- Sackung
- Grat
- Schüttungsrichtung

- Schotter, erhalten
- Schotter, heute abgetragen
- Stauseeablagerung, überwiegend sandig, erhalten
- Stauseeablagerung, überwiegend sandig, heute abgetragen
- Feinkörnige Seebodenablagerung, erhalten, von Schotter bedeckt
- Feinkörnige Seebodenablagerung, heute abgetragen
- ehemaliger Stausee der frühen Risseiszeit

zwischen der Ruine Stein und dem Restaurant Belvédère (SCHINDLER, 1977). Beim nächsten Gletschervorstoss wurde diese Rinne wieder vollständig verstopft. Das Eis überflutete in der nächsten Eiszeit den Lägernwall an der heute zur Klus eingetieften Scharte und die Limmat erodierte dank einem grösseren Gefälle auch die harten Kalkschichten. Die Moränen im Tal Richtung Meierhof-Dättwil blieben liegen und bilden heute den Talgrund. In der letzten Zwischeneiszeit, die man als Eem bezeichnet, lag hier eine Seenlandschaft mit Sümpfen, bewaldeten Hügeln und mäandrierenden Flüssen in den Tälern. Anfangs wurden in den sich mit Schottern füllenden Seen mächtige Lehmschichten und in wärmeren Phasen Torf abgelagert. In der Nähe der Flussmündungen findet man Deltaschüttungen von Kiesen und Sanden. Der Talboden lag generell tiefer als heute. Das Klima entsprach zuletzt etwa dem heutigen, mit noch wärmeren aber auch kälteren Phasen. Dies ist auch die Zeit, in der erstmals Menschen in unserer Gegend gewesen sein dürften. Bisher wurden keine Spuren von ihnen entdeckt, vermutlich weil während der letzten Eiszeit alle Zeugen ihrer Anwesenheit ausgelöscht wurden.

Die letzte Eiszeit (Würm)

Der Maximalstand bei Würenlos und Killwangen

Vor 65 000 Jahren wurde es wieder kalt. Erneut schoben sich die Gletscher in mehreren Vorstössen ins Alpenvorland hinaus. Vor etwa 22 000 Jahren erreichten die Gletscher den Maximalstand. Im Furttal lag ein Ausläufer des Linth-Rheingletschers, der bis Würenlos reichte. Das Eis lag bis auf eine Höhe von 600 Meter am Taleingang und war an der Zunge noch etwa 50 Meter dick.



Das Zungenbecken von Würenlos

Noch heute erkennt man das schöne Zungenbecken mit seiner ausgeprägten Endmoräne. Mehrere Schmelzwasserrinnen ergossen sich Richtung Limmattal. Ein Teillappen füllte die Mulde von Otelfingen und Boppelsen bis zum heutigen Waldrand aus. Am Abhang des Altbergs reichte das Eis bis an die obersten Hänge. Auf der rechten Talseite des Limmattals reichte das Eis etwa 50 bis 100 Meter höher hinauf als die heutigen Waldränder. Der Altbergkamm und die obersten Meter von Gubrist und Haslern schauten knapp über das Eis hinaus. Das Wiesentälchen war ebenfalls mit Eis gefüllt, und dieser Gletscherarm hinterliess bei Hüttikon eine gut sichtbare Endmoräne. Zu dieser gehört auch der Chindlistein.

*Chindlistein (Koordinate:
254.675/672.400),
Taveyannaz-Sandstein
200 Kubikmeter,
umgeben von weiteren
Findlingen aus demselben
Material.*



Im Limmattal erreichte der Linth-Rheingletscher Killwangen. Man nennt deshalb diesen Zeitabschnitt Killwangen-Stadium. Damals lag die Stirn des Furtallappens gleich nebenan in Würenlos. Ein breiter Eiskuchen erfüllte das Glatthal bis über Bülach hinaus, und eine Zunge drang bis Sünikon ins Wehntal hinein. Das Eis reichte bis Stadel, wo noch heute eine schöne Moräne liegt. Das Tösstal war weitgehend eisfrei und diente als östliche Abflussrinne. Der oberste Kamm des Altbergs, die Lägern, aber auch die ganze Albiskette und der Heitersberg waren eisfrei. Im Reusstal reichte das Eis bis nach Fislisbach. Über die Mutschellensenke floss im Maximalstand ein Lappen des Reussgletschers. Dem Heitersberg entlang reichte das Eis bis einige Meter über den Weiler Hasenberg hinauf. Auf den tieferen Geländeterrassen lag ebenfalls Reuss-Eis, von Bergdietikon bis hinunter in den Talboden.



*Maximalstand der
letzten Vereisung vor
circa 22 000 Jahren*

Das Schlieren-Stadium

Nach einem ersten Zurückschmelzen machte der Linth-Rheingletscher bei Schlieren für längere Zeit Halt. Im Furttal erreichte der Gletscher bei diesem Vorstoss nur noch die Gegend von Regensdorf und schüttete dort eine schwach ausgebildete Endmoräne auf. Es sind dies die Hügel um den Chatzensee. Vom Zungenbecken blieben die beiden Chatzenseen übrig.

Während im Limmattal von der Killwangen-Endmoräne nur noch ein kleiner Rest über die jetzige Talfüllung hinausragt, hinterliess der Gletscher in Schlieren einen breiten, 34 Meter über den heutigen Talboden aufsteigenden Wall, den Hardwald. Diese ursprünglich halbkreisförmige Endmoräne wurde nach bisher gültiger Ansicht während den Hochwasser-Ereignissen in der Abschmelzzeit von der Limmat auf der linken Talseite wieder weggespült. Vorübergehend schmolz der Gletscher bis nach Sargans zurück. Im Furttal lag ein langgestreckter See, ebenso im Zungenbecken von Schlieren. Solange der Gletscher noch in der Nähe war, wurde darin Rückzugsschotter abgelagert. Später setzte sich nur noch die Seetrübe als Lehm ab und im oberen Teil kam noch etwas Silt und Sand dazu. Die Lehmvorkommen gaben Schlieren seinen Namen. Der See, der in den vorangehenden Zwischeneiszeiten zwischen der Schwelle von Würenlos und der Klus von Baden gelegen hatte, war schon im Maximalstadium mit Schottern des Furtallappens und mit Limmatablagerungen aufgefüllt worden. Die heutigen Kiesgruben im Tägerhard enthalten auch externe, also ausserhalb des Zungenbeckens liegende Ablagerungen des Furtallappens. Der damals im Furttalsee abgelagerte Lehm kleidet bis heute die alten Mulden aus und schützt das Grundwasser vor dem verschmutzten Oberflächenwasser.



Der Chatzensee, ein Eislochsee aus dem Schlieren-Stadium

Das Zürich-Stadium

Im Zürich-Stadium erreichte der Gletscher das Furttal nicht mehr. Seine Zunge lag im Glatttal bei Dübendorf und der Zungenbeckensee reichte bis Oerlikon. Die Hänge im Furttal waren aber noch nicht bewaldet und der Boden war noch immer tief gefroren (Permafrost). Im Talgrund lag ein See, in welchem bei Hochwasser Kies und Sand von den Hängen eingespült wurde. Im Limmattal wurde der Schlierensee, das ehemalige Zungenbecken des Limmattallappens, vollständig aufgefüllt. Die Limmat schwemmte dabei viel aus den Moränen aufgearbeitetes Material nebst dem Geschiebe der Sihl in den See. Es sind die Kiesvorkommen, in denen heute der Grundwasserstrom im Limmattal zirkuliert. Die zeitweise in den Zürichsee mündende Sihl schüttete hinter der neuen Endmoräne, die den See anfänglich drei bis vier Meter höher gestaut hatte als heute, einen Fächer aus Sand und Kies in das Sihlfeld hinaus. Die Limmat hatte den See zuerst zwischen Ulmberg und Katz verlassen. Durch die Ablagerungen der Sihl musste sie ihren Seeausfluss schrittweise bis zum heutigen Lauf an der rechten Talflanke verschieben SCHINDLER, JÄCKLI, 1973. Im Reusstal reichten die entsprechenden Rückzugsstadien bis Birrhard und



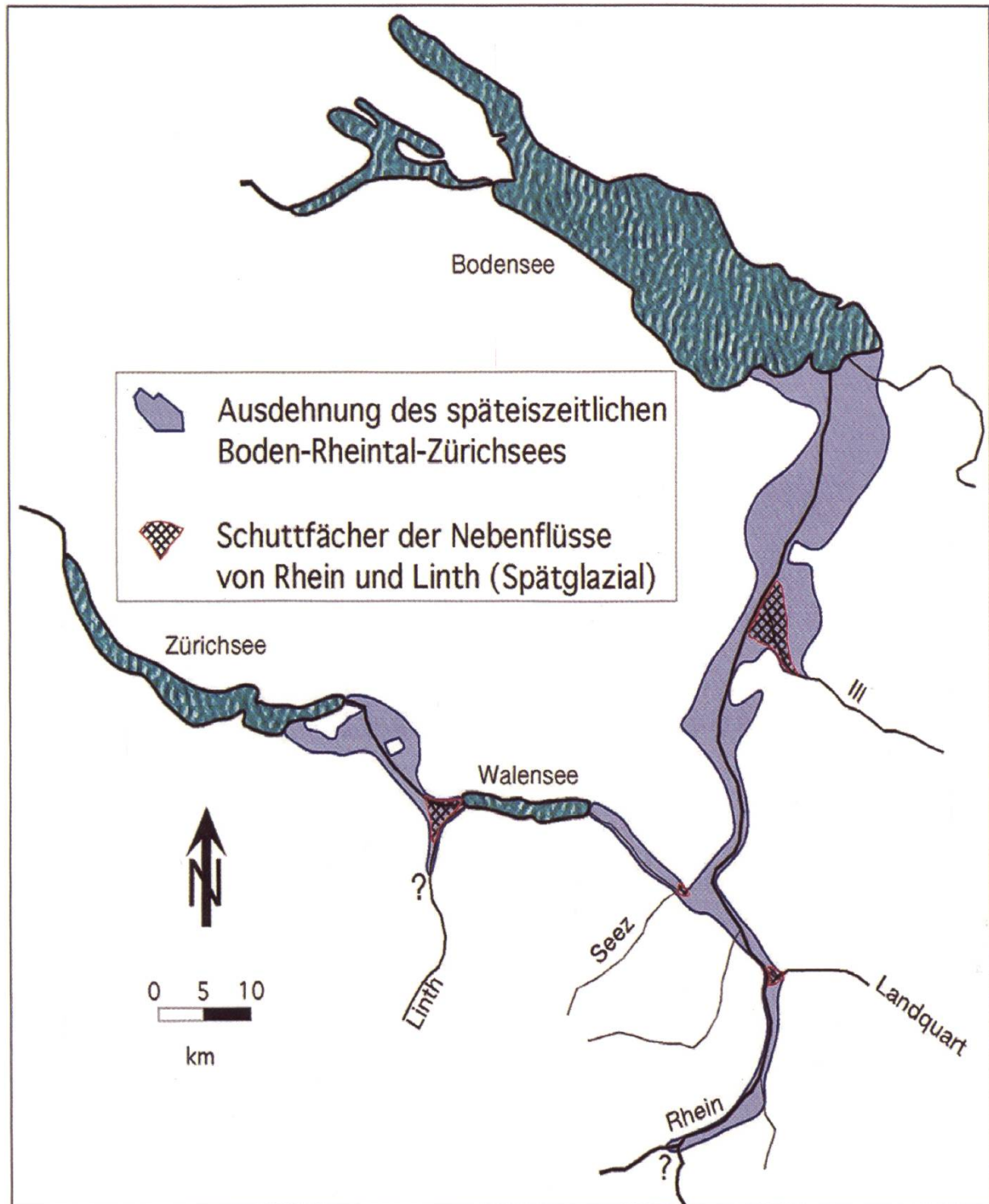
Im Vordergrund auf grobblockiger Endmoräne des Lindenhofs Murmeltiere und eine Mammutfamilie. Der Linthgletscher mit zwei markanten Mittelmoränen stirnt im stellenweise bereits eisfrei gewordenen Zürichsee. Die hier noch bewaldet gezeichneten Hänge beidseits des Gletschers waren aber noch waldfrei. «Zürich zur Gletscherzeit». Aus Oswald Heer: «Die Urwelt der Schweiz» (Zürich 1865).

Mellingen (Schlieren-Stadium) und Stetten (Zürich-Stadium). Nachdem der Linth-Rheingletscher einige tausend Jahre bis Zürich gereicht hatte, schmolz er zügig bis nach Hurden-Rapperswil zurück, wo er abermals eine längere Zeit stirnte (stillstand) und den Moränenwall aufhäufte, der heute den Zürichsee vom Obersee trennt. Der nächste Halt war bereits am Taleingang zum Glarnerland und das übernächste Rückzugsstadium lag an den Mündungen der Seitentäler.

Das Spätglazial: Ältere bis Jüngere Dryas

In den anschliessenden Jahrtausenden stiessen die Gletscher noch einige Male kurzfristig bis in die Täler vor. Dazwischen lagen wärmere Abschnitte, in denen Wermut, Wacholder und Föhre in unser Gebiet einwanderten. Nach und nach bildete sich in den Tälern eine dünne Pflanzendecke, aber die Hänge blieben lange sehr instabil. Um 14 000–12 000 Jahren vor heute erstreckte sich während kurzer Zeit eine zusammenhängende Wasserfläche von Chur bis zum Bodensee und über Sargans durch das Seetal bis über Zürich hinaus, vermutlich mit einem Seearm im unteren Glarnerland. Schon am Ende der Glazialzeit hatten Schuttfächer aus den Seitentälern und von den Berghängen diesen Riesensee aufgeteilt. Die Täler im Rhein-

tal und zwischen Walensee und Zürichsee wurden weitgehend aufgeschottert. Allerdings blieben diese Gebiete noch bis in unsere Zeit überschwemmungsgefährdet und über weite Gebiete versumpft (beispielsweise das Furttal, die Linthebene und das Rheintal).



*Der grosse Rheintal-Linthsee während der Seebildungsphase um 14 000-12 000 Jahre vor heute
(Zeichnung Bruno Müller)*

Die Nacheiszeit (Holozän)

Vor 10000 Jahren war es dann soweit. Mit dem zunehmend wärmeren Klima entstand eine geschlossene Pflanzendecke, und viele kleinere Seen begannen zu verlanden. Nun wurden Hasel, Eiche, Ulme, Linde und Ahorn wieder heimisch. Später kamen dann Weisstanne, etwas später Buche und schliesslich Rottanne dazu. Die zuerst sehr mageren Schuttböden entwickelten sich nach und nach zu tiefgründigen, humusreichen Waldböden. In unseren Tälern hat dies je nach Exposition (Süd- oder Nordlage, Mulde oder Kuppe) noch einige tausend Jahre gedauert. Die weniger steilen Hänge wurden dadurch verfestigt. Bei Hochwasser wurde zwar immer wieder Kies und Sand herangeführt und die vom Eis befreiten Hänge in höheren Lagen waren immer noch instabil. In den Tälern lag der Schutt aus der Eiszeit. Als die Schuttfracht der Flüsse zurückging, begannen sich diese in den grossen Tälern wieder in die Schotterflächen einzuschneiden. In den Quertälern mit ihren kleinen Flüssen geschah dies nicht. Damit entstanden im Limmattal nochmals Terrassen. Man nennt sie Niederterrassen. Schön ausgebildet sind sie in Wettingen, wo das Kloster auf einer solchen Fläche liegt. Wo vorher Ren, Mammut und Schneehase gelebt hatten, fanden nun auch unsere heutigen Wildtiere genug Nahrung und Schutz. Bär, Wolf und Luchs breiteten sich aus, während das Mammut und der Höhlenbär nebst einer Reihe weiterer Arten ausstarben. Die Pflanzen der Eiszeit wuchsen auf den eisfrei werdenden Hochlagen, wodurch die heutige hochalpine Pflanzenflora entstand.



*Der Egelsee von Westen.
Das Nackental hinter einer grossen Versackung, aufgestaut durch eine zweite, die das Tal abspernte.*

Sackungen und Rutschungen

Die Gletscher hatten sich vielerorts, vor allem in der Risseiszeit, einige hundert Meter tief in die Molasse eingefressen. Dabei hatten sie die Talböden zu breiten Trögen mit steilen Wänden ausgeschürft. Die weichen Molasse-schichten leisteten wenig Widerstand. Sobald die Gletscher wieder zurück-schmolzen, füllte der Schutt ihrer Moränen und das aus alten Ablagerungen aufbereitete Material die entstandenen Becken teilweise oder ganz wieder auf. Wo dies nicht rasch geschah – so wie bei uns – rutschten viele der ihrer Stütze beraubten Hänge in diese Tröge ab. Die meisten langsam aber stetig, einige aber auch lawinenartig. Eine kontinuierliche, wenn auch sehr lang-same Gleitbewegung, hält beispielsweise im Egelseegebiet und in Teilen Bergdietikons immer noch an. Auch am Nordabhang des Altbergs sind noch kleine Sackungen aktiv. Wenn eine solche Rutschmasse als ganze Scholle abgleitet, ohne dabei zerstört zu werden, spricht man von einer Sackung.

*Versackungsterrasse
am Hasenberg. Der
verdeckte Steilhang
ist die Gleitfläche
(Sprunghöhe
35 Meter).*



Am Abrissrand der Sackungsmasse entsteht dabei zuerst ein Graben, der sich nach und nach zu einem Tal vertieft und auch das nachrutschende Material aufnimmt. Solche hangparallele Einsenkungen nennt man Nackentälchen (Eisloch an der Lägern). Nicht selten füllen sich diese mit Wasser und bilden Weiher oder Seen (Egelsee). Eine solche Sackung ist nacheiszeitlich auch vom Aeugsterberg abgeglitten und hat die Reppisch gestaut. Dadurch entstand der Türlersee. Der bewaldete Hang oberhalb Aeugstertal zeigt in seinem Relief noch die typischen Fliesshöcker der nachrutschenden Schotterpakete. Im Molassegebiet bestehen die Gleitschichten, auf denen die Sackungsmassen abrutschen, fast überall aus aufgeweichten Mergeln. Bewegt



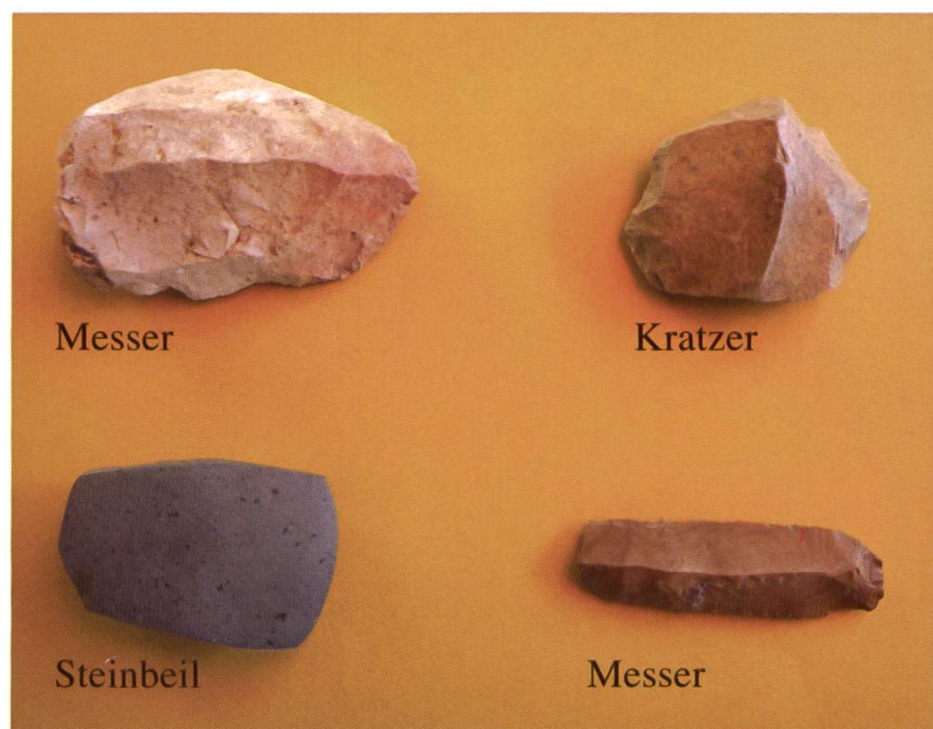
*Rutschung am Hang
über dem Egelsee.
Bäume kippen mit
ihren Wurzelstöcken
talwärts. Grosse
Findlinge rollen
über die schlammige
Unterlage und
der ganze Fahrweg
rutscht ab.*

sich das Erdreich nach und nach, vor allem an der Oberfläche, nennt man dies eine Rutschung. Sind Bäche mit ihrer Erosionskraft die Ursache, spricht man von Schwemmkegeln oder Schwemmfächern. Grosse Sackungen und Rutschungen sind vor allem dem ganzen Heitersberghang entlang erfolgt, aber auch am Südhang der Lägern. Dietikon, Spreitenbach, Killwangen und Neuenhof liegen auf Schwemmfächern, im Furttal Dänikon und Dällikon. Eine besondere Erscheinung ist der Üetliberglehm, der als breiter Schwemmfächer den Üetliberghang vom Albigüetli bis Albisrieden bedeckt und während vielen Jahren von den Zürcher Ziegeleien ausgebeutet wurde. Er ist durch Auswaschung der feineren Komponenten der Grundmoränen und der Molasse (Mergelschichten) entstanden. Die bis 60 Meter mächtigen Ablagerungen setzten sich auch in einem Föhrenwald am Hangfuss ab und brachten die Bäume zum Absterben. Beim Abbau des Lehms kamen die Baumstümpfe zum Vorschein, die grösstenteils noch aufrecht standen.

Der Mensch erscheint

Die ersten Spuren vorübergehender menschlicher Besiedlung in unserem Land stammen aus der letzten Zwischeneiszeit. Damals fanden zum Beispiel Jäger im Wildkirchli Unterschlupf. Aus der Eiszeit konnten bis jetzt keine Spuren gefunden werden, aber es ist anzunehmen, dass sich immer wieder Menschen auf ihren Jagdzügen in den eisfreien Gebieten aufhielten. Erst nach dem Zurückschmelzen der Gletscher liessen sich die ersten Sippen endgültig nieder. Anfangs waren diese Menschen noch Jäger und Sammler und nutzten die natürlichen Ressourcen. Man nahm, was die Natur bereithielt, aber nicht mehr (Rentierjägerzeit). Das Leben der Menschen war noch

ganz vom Rhythmus der Natur bestimmt. Der erste entscheidende Schritt zu einer intensiveren und dichteren Besiedlung vollzog sich vor rund 4000 Jahren in der Jungsteinzeit (Neolithikum) mit dem Beginn des Landbaus und der Viehhaltung. Man begann den Wald zu roden, um Ackerland zu gewinnen. Das Vieh weidete in den Wäldern. Wiesen gab es nur oberhalb der Baumgrenze, die aber anfänglich noch viel tiefer lag als heute. Die menschliche Tätigkeit übte noch lange keinen nennenswerten Einfluss auf die geologischen Prozesse aus. Erste bedeutende Auswirkungen hatten grossflächige Rodungen. Dabei wurden Berghänge instabil und rutschten ab oder Lawinhänge verloren ihren Schutzwald. Die Speicherfähigkeit der Wälder hatte das Wasser zurückgehalten und die Bäume hatten die Winde gebremst. Nun schwollen die Flüsse bei Starkniederschlägen rasch an und man musste mit Dammbauten und Kanalisierungen die Hochwasser eindämmen. Dadurch flossen die Niederschläge viel rascher ab, was den Wasserhaushalt grundlegend veränderte. Immer weiter gingen die Eingriffe. Moore wurden trockengelegt, Lawinhänge verbaut, Seen durch Wehre reguliert, Bäche eingedohlt, Flüsse begradigt oder umgeleitet (beispielsweise der Furtbach, die Glatt, die Limmat und die Linth). Dennoch blieben die Eingriffe lokal und ihre Auswirkungen, von Ausnahmen abgesehen, bescheiden. Heute aber ist der Mensch der wichtigste Faktor in der geologischen Entwicklung der Erde. Er versetzt wirklich Berge. Die Abholzungen



*Werkzeuge aus
der Jungsteinzeit*

grosser Wälder weltweit, der Abbau von Bodenschätzen, die Versiegelung grosser Landflächen, die Verschmutzung der Meere, die Förderung von Oel, die das 200-fache des neu gebildeten ausmacht. Die Verbrennung von Kohle, Erdöl und Erdgas sind so klima- und reliefwirksam geworden, dass man heute von einer neuen geologischen Ära, dem Anthropozän spricht. Dies bedeutet, dass sich das Holozän seinem Ende nähert. Als in den 1950er Jahren die Klimaindikatoren auf eine globale Klimaverschlechterung hindeuteten, konnte man den Beginn einer neuen Eiszeit nicht ausschliessen. Doch es kam gründlich anders. Die globale Erwärmung beträgt seit dem Beginn der industriellen Zeit nur etwa 1,6° Celsius, schreitet aber weiter fort und kann ohne gewaltige Anstrengungen im Klimaschutz kaum auf die gerade noch erträglichen zusätzlichen 2° Celsius begrenzt werden. Dazu kommt die schleichende Vergiftung von Boden, Wasser und Luft mit chemischen Stoffen, die nicht rasch genug abgebaut werden können. Das Furttal ist davon stark betroffen, gilt doch der Furtbach als das am stärksten von Giftstoffen belastete Gewässer im Kanton Zürich. Die Zahl der Insekten hat sich in den letzten 25 Jahren um 70 Prozent reduziert, diejenige der Fische in unseren Gewässern ebenfalls. Beide sind die Nahrungsgrundlage für unsere Vögel und für viele Nagetiere. Diese wiederum sind die Hauptnahrung von Füchsen und Greifvögeln. Der Verlust an den Beständen der Wildtiere ist gravierend. Der Erfindergeist der Menschen und die Bemühungen der Naturschützer werden diese Entwicklung abschwächen, aber kaum aufhalten können. Wir haben nur eine einzige Erde und müssen alles tun, was in unserer Macht steht, damit die Menschheit überleben kann. Sind wir wohl eine der letzten Generationen die unsere Erde bevölkern?