

Alexander Wettstein als Geologe und Paläontologe

Am 14. Juli 1887 erlitt der junge Küssnachter Naturforscher Dr. Alexander Wettstein mit seinem Bruder Heinrich und vier weiteren Gefährten an der Jungfrau den Bergtod. Das schreckliche Unglück löste allenthalben in der Schweiz grösste Bestürzung und tiefe Trauer aus. Über Alexander Wettsteins kurzes, doch inhaltsreiches Leben hat Pfarrer Hans Gattiker bereits in den Jahresblättern 1966 berichtet. Wettsteins Verdienste als Gründungsmitglied eines dem Bergwandern und der Kameradschaft verpflichteten Küssnachter Vereins kommen in den Jahresblättern 1986 in Dr. Hans Schniders Aufsatz «100 Jahre Wulponia» zur Sprache. Ein Jahrhundert nach Wettsteins Tod ist nun auch eine Würdigung seiner wissenschaftlichen Leistungen fällig. Prof. Dr. René Hantke beleuchtet im nachstehenden Beitrag Wettsteins Forschungen aus dem Blickwinkel des modernen Naturwissenschaftlers.

Alfred Egli

Mit seiner engeren Heimat schon früh vertraut, entschloss sich *Alexander Wettstein* (1861–1887) nach Abschluss des Lehrerseminars zu studieren. Dabei schwankte er zunächst zwischen Medizin und Naturwissenschaften. Nach drei Semestern an der Universität Neuenburg trat er 1882 in die naturwissenschaftliche Abteilung des Polytechnikums in Zürich ein und wandte sich fortan unter *Albert Heim* dem Studium der Geologie zu.

1. Teil: Wettstein als Geologe

Geologie von Zürich und Umgebung

Schon in der Diplomarbeit befasste sich *Wettstein* mit der Geologie der Umgebung von Zürich. Später baute er die Diplomarbeit zur Dissertation aus. Als Grundlage für seine geologischen Beobachtungen diente ihm ein Ausschnitt aus der Kurvenkarte des Bezirks Zürich von *J. Randegger*, Winterthur, 1:40 000, die kurz zuvor erschienen war. *Wettsteins* Geologische Karte von Zürich und Umgebung (1885) ist seit mehr als einem halben Jahrhundert vergriffen. Seit mehreren Jahrzehnten bearbeiten verschiedene Zürcher Geologen im nebenamtlichen Auftrag der Geologischen Landesaufnahme das Blatt 1091 Zürich für den Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000; doch wird *Wettsteins* Karte noch einige weitere Jahre die modernste erdgeschichtliche Detailkarte von Zürich bleiben.

Neben der geologischen Karte verfasste *Wettstein* einen Begleittext. In diesem legte er eine Beschreibung des Karteninhaltes vor, fussend auf Angaben *Arnold*

Eschers von der Lintb (1835 ff.) und *Heims* sowie zahllosen eigenen Beobachtungen. Zugleich skizzierte er die damalige Auffassung über die Geologie um Zürich: über die Obere Süsswassermolasse, die eiszeitlichen Ablagerungen sowie über die Tal- und Reliefgeschichte – die Entstehung des Zürichsees, des Sihl- und Reppischtals, der Täler von Urdorf, Bonstetten und Aesch, des Küsnachter und des Werenbach-Tobels. Ebenso wurden die jüngsten Veränderungen aufgezeichnet.

Die Obere Süsswassermolasse

Entsprechend der damaligen Auffassung betrachtete *Wettstein* (p. 10) den Felsuntergrund von Zürich, die Obere Süsswassermolasse, noch als *Ablagerung in einem grossen Süsswassersee*. Dieser hätte das ganze Areal des Ostschweizer Mittellandes bedeckt. Später (p. 67) ist die Rede von mehreren grossen Seen, die sich zwischen Alpen und Jura ausgedehnt hätten. In diesem See (oder Seen) wäre «die ganze Molasse... , mit Ausnahme des Süsswasserkalkes, durch Niederschlag von mechanisch suspendierten Teilen entstanden, und zwar die Mergel aus dem feinen Schlamm, den Bäche und Flüsse in den Molasseseen spülten, der sich dort weit verbreitete und nur ganz allmählig zu Boden setzte, die mehr oder weniger festen Sandsteine aus dem etwas gröberen Detritus, und die Nagelfluh aus dem groben Flusskies.» Die Natur der Gerölle spricht für die Herkunft aus den Alpen. Schon *Escher* (1847) hatte, «gestützt auf das Vorkommen der roten Kiesel in anstehenden Schichten im Vorarlberg und Tirol, auf die Herkunft des Molasse-Materiales von dort hingewiesen».

«In geschützten Buchten des Sees... setzten sich nur die zuvor gelösten Bestandteile ab, und es bildete sich Seekreide, während zugleich das ruhige klare Wasser den Süsswasserschnecken einen günstigen Aufenthaltsort bot. Die Seekreide hat sich unter dem Einflusse des Jahrtausende auf ihr lastenden Druckes umgewandelt, in welchem wir heute die Schneckenschalen in Menge finden» (p. 67).

Seit *Wettsteins* Zeiten haben sich die Vorstellungen über die Bildung der Oberen Süsswassermolasse aufgrund neu bekannt gewordener Fakten und Erkenntnisse laufend gewandelt: Die Vorstellung vom grossen Süsswassersee ist der Annahme kleinerer, sich ablösender flachgründiger Seen, Tümpel und Altwasserläufe gewichen. Die Nagelfluhen und Sandsteine blieben lange Zeit Flussablagerungen; die Mergel sind einerseits Füllungen von Altwasserläufen, andererseits Zeugen von Überflutungen flachster Landstriche. Dass die Sandsteine weitgehend Flussablagerungen bekunden, ist in zahllosen Fällen belegt. Das Gewässer, das die *Zürcher Molasse* abgelagerte, der Ur-Rhein, wandte sich, in einzelne Äste sich auflösend, auf sanft abdachender Schwemmebene gegen NW und mündete in eine NE-SW-entwässernde Sammelrinne. Diese erreichte um Lyon das Mittelmeer. Unbestrit-

tene Flussablagerungen sind die feingerölligen, dachziegelartig eingeregelteten Nagelfluhen, die kleinere, seitlich begrenzte Rinnen füllen. Für die gröberen, wirr und flächenhaft geschütteten Lagen drängt sich die Erklärung als katastrophal erfolgte Ausbruchsschüttungen von Stauseen auf. Diese hätten als seitlich in die grossen Alpentäler niedergefahrene Muren, als Schuttriegel, gewirkt und Seen aufgestaut. Später wären die Schuttriegel geborsten; Schutt und Wasser wären am Alpentor fächerförmig ins Vorland ausgetreten und hätten die früheren Ablagerungen meterhoch mit Geröll überschüttet.

Aufgrund der in den Feinschichten – Sandsteinen, Mergeln und Süsswasserkalken – eingeschlossenen Floren und Faunen schloss schon *Oswald Heer* (1859) auf ein subtropisches Klima. Revisionen der Funde ergaben eine weitgehende Bestätigung seiner Zuordnungen, hinsichtlich des Klimacharakters aber einige Grade tiefere Mitteltemperaturen, d. h. warm-gemässigte Klimatypen.

Aufgrund der Temperaturansprüche der heutigen Vergleichsarten ergeben sich für die Ablagerungszeit der jüngeren Molasse durchweg hohe Waldgrenzen, die bis über 1000 Meter höher lagen als heute. Unter solchen Bedingungen ereigneten sich jedoch kaum Murgänge. Die Talflanken waren durch dichte Wälder vor erosiven Eingriffen geschützt. Ein hoher Anteil des Niederschlags verdunstete. Die winterliche Schneedecke reichte kaum bis ins damalige Alpen-Vorland. Die Wasserführung der Flüsse war viel ausgeglichener; extreme Hochwasserspitzen stellten sich kaum ein. Umgekehrt in Kühlzeiten: Da sank die Waldgrenze kräftig ab, und die Talflanken waren dem Abtrag preisgegeben. Muren konnten niederfahren, das Tal abriegeln und den Fluss hinterstauen, so dass Dammbüche, namentlich bei bedeutenden Schutfächern, zu mächtigen Geröllfluten führten. Nach Ablagerung der Hauptgeröllfracht kanalisiert sich feinere Gerölle transportierende Wassermassen mehr und mehr in Rinnen, die sich allmählich von rein fluvialen Rinnsalen kaum unterschieden.

Wie fügen sich nun aber diese unter völlig verschiedenem Klima abgelagerten Molasse-Sedimente zusammen? Wohl am widerspruchlosesten, wenn beide Typen miteinander abwechselten. Dies wird auch weiteren beobachtbaren Fakten gerecht.

Das Geschehen in der jüngsten Tertiärzeit, im Pliozän

Auf die Ablagerung der Molasse folgte im Pliozän, dem jüngsten Abschnitt der Tertiärzeit, eine Zeit, in der bei uns kaum Ablagerungen erfolgten, sondern «ein grossartiger Erosionsprozess stattfand» (p. 10). In der Pliozänzeit hätten sich «vielleicht unter der Mitwirkung vermehrter Niederschläge unsere Molassetäler gebildet». Der Süsswassersee sollte sich, infolge der Aufrichtung der südlichen Teile, nach und nach zur Donau entleert haben. «Durch die fortdauernde

Hebung» hätten die Flüsse «neues Gefälle» erhalten und begonnen, «sich in die eigenen Ablagerungen, in die Molasse, einzuschneiden und in derselben Täler auszugraben. Die Vertiefung dieser letzteren ging nicht gleichmässig vor sich, sondern auf Perioden raschen Einschneidens der Flüsse folgten solche, in denen sie die Täler lediglich verbreiterten» (p. 68).

Heim und *Wettstein* sahen «im grossartigen Erosionsprozess» vorab die Flussero- sion. Erst am Schluss des Pliozäns, so wieder *Wettstein* (p. 3), «war die Umände- rung des Klimas so weit fortgeschritten, dass mächtige Gletscher, aus den Alpentälern heraustretend, über das ganze schweizerische Mittelland, ja bis hoch in den Jura hinauf sich erstreckten und . . . Moränen, Findlinge, Gletscherab- schliffe und Stauchungen als sichere Zeichen ihrer einstigen Anwesenheit zurück- liessen».

Mit der Schüttung der jüngsten Molasse, im Hörnli-Schutfächer der Nagelfluh der Hörnligipfel-Schichten, fand die Molasseablagerung ihr Ende. Schon während ihrer Schüttung bildeten sich nach heutiger Auffassung – wiederum nach Ablage- rung der Hauptgeröllfracht – kleine Tälchen aus; durch sie flossen Wasseradern seitlich ab und sammelten sich in grösseren Rinnen. Bei der Platznahme der Helvetischen Decken, welche die Helvetischen Kalkalpen, etwa vom Säntis zum Pilatus, aufbauen, wurde auch die Molasse in Mitleidenschaft gezogen. Die alpennäheren Partien wurden als Schuppen dachziegelartig übereinander gescho- ben, die alpenfernere mittelländische Molasse an ihrem Südrand aufgerichtet. Zwischen Knonauer Amt und dem Zürcher Oberland wurde sie in sanfte Falten gestaucht und längs Schwächezonen, alten Molasseabflusstälern, zerschert. Dadurch war den aus den jungen Alpen ausgetretenen Gewässern und – in Kühlzeiten auch den Gletschern und ihren Schmelzwässern – der Weg ins Vorland geöffnet. Dabei dürften vorab in den Kühlzeiten der Frost sowie später die vorstossenden Gletscher und ihre Schmelzwässer – nicht die warmzeitlichen Flüsse – talvertiefend und -erweiternd gewirkt haben.

Das Eiszeitalter

Die Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen

Mit viel Energie ging *Wettstein* den *eiszeitlichen Ablagerungen* nach. Seit *Escher* (1844) wurden um Zürich mehrere Stände des im Eiszeitalter tief ins Mittelland vorgestossenen Linthgletschers unterschieden. *Wettstein* gliederte sie ebenfalls in «äussere» (p. 21) und «innere Moränen» (p. 15). Diese zeichnen sich durch Seiten- und Endmoränen aus, die er in seiner Karte zur Darstellung brachte, ebenso zahllose Findlinge, die er gesteins- und herkunftsmässig unterschied. Zugleich

liessen ihn die besuchten Aufschlüsse – Baugruben, Limmat-Baggerungen und Abbaustellen – erkennen, wie stark die Ausbildung in der Kornverteilung und im Findlingsinhalt gesteins- und mengenmässig variiert.

Bei den äusseren letzteiszeitlichen Moränen stellte *Wettstein* fest, dass die Findlinge meist in der Erde liegen und von Kies überschüttet worden sind. Dabei wurde der Kies oft vom Gletscher aufgepflügt. Damit erkannte er bereits, dass der äussere Stand mehrphasig aufgebaut ist.

Die «löchrige Nagelfluh» im Küsnachter Tobel, die verkitteten Wulp-Schotter, wird mit den «oberen Moränen» in Verbindung gebracht; dabei staute der Gletscher im Tobel einen Eisrandsee. Eine analoge «löchrige Nagelfluh» erwähnt *Wettstein* von Talchern bei Höngg; er bringt sie mit der Randlage von Zumikon–Witikon in Verbindung. Analoge Moränen wie um das untere Zürichseebecken, schon von *Escher* erkannt und von *Wettstein* (p. 24) bestätigt, verlaufen auch um den Greifensee. Ebenso fiel ihm auf, dass Granite und Diorite aus der Val Punteglias erst von Killwangen an häufiger auftreten. Aus dem Fehlen gekritzter Geschiebe in begleitenden Kieslagern schloss er richtig, dass diese vom Eis und dessen Schmelzwässern verfrachtet worden sind. Mit *Ch. Martins* (1875) bemerkt *Wettstein* (p.25): «Gewöhnlich genügt ein Transport von 300 m in einem Bach, um Politur und Kritze zum Verschwinden zu bringen.»

Auch an der *Albiskette*, besonders am Üetliberg, haben die Gletscher 400–450 m über dem Zürichsee «grosse Blöcke, Kies, Sand und Schlamm mit gekritzten und polirten kleinen Geschieben abgelagert», und «ganz typische Moränenwälle bezeugen uns einen früher so hohen Gletscherstand... Beschränkt man sich nicht nur auf die nächste Umgebung von Zürich, so gewinnt man bald die unerschütterliche Ueberzeugung, dass einst nicht nur der Zürichberg und der Albis, sondern das ganze schweizerische Mittelland mit allen seinen Molassehöhenzügen unter einer einzigen mächtigen Eisdecke begraben war» (p. 25). An der Lägeren reichen die Gletscherablagerungen sicher bis zu 800 m, am Bachtel mindestens bis 1000 m. Zugleich stellte *Wettstein* (p. 26) fest, dass sich am Albis nirgends «Granite und Gneisse aus dem Reusstal» finden, «sondern, das sämtliche besteht aus Gesteinen, die im Kanton Glarus und im Kanton Graubünden vorkommen: aus grün gefleckten Taveyanaz-Sandsteinen, kieseligen, sehr harten Echinodermenbreccien, Malm- und Schrattenkalkblöcken, und vor allem aus rotem Sernifitkonglomerat». Ferner erkannte er, dass «mit dem Anwachsen des Gletschers eine Verschiebung der Sernifitmoräne nach links Hand in Hand ging. Auf die eigentliche Ursache deuten die Puntaiglas-Granite und Diorite in den oberen Moränen hin: Sie liegt im Rheingletscher.» Dessen Sammelgebiet war «siebenmal grösser als das des Linthgletschers und daher auch die Eismasse des erstern in gleichem Verhältnis mächtiger als die des letztern... Der Linthgletscher wurde so weit nach links gedrängt, dass er die mächtigen Moränen bei Menzingen bis hinauf zum Gubel ablagern konnte» (p. 27).

Die «löchrige Nagelfluh» des Üetlibergs

Einen Abschnitt widmete Wettstein (p. 27) der «löchrigen Nagelfluh» vom Üetliberg. «Sie besteht aus kleinen meist eckigen, ja scharfkantigen, bis kopfgrossen, mehr oder weniger gerundeten Geschieben... Die Zwischenräume zwischen den Steinen sind meistens nicht durch Sand und Schlamm ausgefüllt, sondern als Hohlräume erhalten, daher diesem Gebilde der Name «löchrige Nagelfluh» (A. Escher) gegeben wurde... Die diskordante (d. h. nach einer Ablagerungslücke erfolgte) Ueberlagerung der Molasse und endlich die Uebereinstimmung der löchrigen Nagelfluh mit den Gebilden im Küssnacher Tobel und bei Höngg, die sicher glacialen Ursprungs sind», machen es wahrscheinlich, «dass die löchrige und die miocaene Nagelfluh im Alter sehr verschieden sind, dass die erstere der Eiszeit angehört» (p. 28).

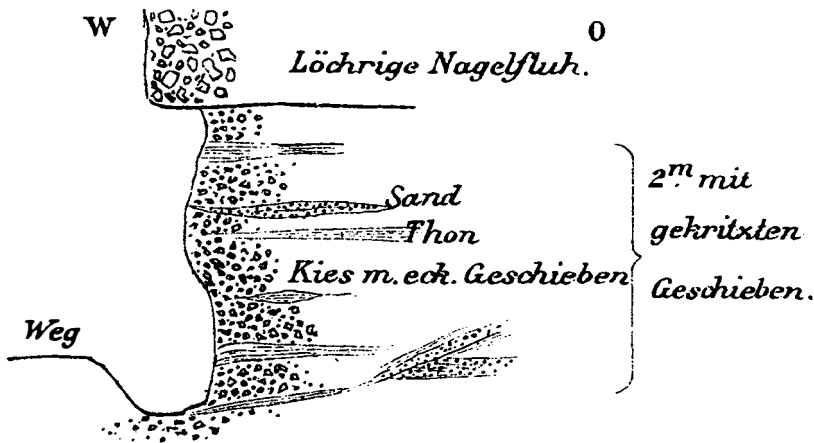


Fig. 1 Profil 9. Glacialablagerung im Liegenden der löchrigen Nagelfluh der Üetlibergkuppe (aus Wettsteins «Geologie von Zürich und Umgebung»)

«Im Frühling 1883 wurde auf dem Ütliberg die kleine Zunge löchriger Nagelfluh abgegraben, die sich vom Kulm bis vor das grosse Hôtel zog und auf der Karte noch eingezeichnet ist (weil die topographische Grundlage dieselbe noch enthält). Dabei zeigte sich, dass unter dem Utokonglomerat ein miocaener erratischer Nagelfluhblock lag, der seinerseits auf echter Grundmoräne mit einer Menge gekritzter und polirter Geschiebe aufruft» (p. 29).

«Eine zweite, ebenso beweisende Stelle wurde im Sommer 1884 entblösst. Westlich vom Kulmrestaurant, am Fusse einer senkrechten Wand der löchrigen Nagelfluh, wurde eine kleine 2 Meter tiefe Kiesgrube eröffnet (Profil 9) =

Fig. 1). «Im Kiese, der sich horizontal unter der löchrigen Nagelfluh durchzieht, liegen schwache Sand- und Lehmschichten. In dieser kleinen Entblössung fand ich mehrere, mit deutlichen Glacialkritzern versehene, zum Teil eckige kleine Geschiebe...»

«Aus der Lage dieser Moränenablagerungen... unter der löchrigen Nagelfluh folgt, dass sie ihr in der Bildung vorangegangen sind.» Und dann der wichtige Satz, der in der späteren Erforschungsgeschichte vergessen wurde: «Diese Moränen sind aber jünger als das Seetal (die Moränen auf dem Albis hängen zusammen mit denen im Tale, vgl. Karte, Moränenzug N–W vom Ütliberg); und es kann somit die löchrige Nagelfluh nur in der Eiszeit selbst, als die Gletscher bis zu ihrer Höhe reichten, abgelagert worden sein.»

«Vor der Eiszeit hatte der Albis eine Form ähnlich der des Zürichberges, denn weder Sihl noch Reppischtal durchschnitten damals seine Gehänge, sondern diese senkten sich von der heutigen mit Moränen bedeckten Albisfläche einerseits sanft zum Tal von Bonstetten, andererseits in gleicher Weise zum Zimmerberg und zum See ab» (p. 69).

Damit hat schon *Wettstein* dargetan, was nach fast einem Jahrhundert wieder erkannt wurde, dass Zürichsee- und Reppischtal älter sind als die «löchrige Nagelfluh» auf dem Ütliberg (*Hantke* 1984a, b, 1986), die heute als Höherer Deckenschotter der Günz-Eiszeit zugewiesen wird. (Fig. 2)

Neben dem «Utokonglomerat» hat *Wettstein* auf weitere Vorkommen von «löchriger Nagelfluh» hingewiesen, die aus der Gegend um Wädenswil, vom Irchel, Cholfirst, vom Stammheimer Berg (*A. Gutzwiller* 1880), aus dem Aargau (*F. Mühlberg* 1869) und aus dem Kanton Schaffhausen (*J. Schill* 1858) bekannt geworden sind, so das der Utonagelfluh «zum Verwechseln ähnliche Gebilde» vom Hohenklingen.

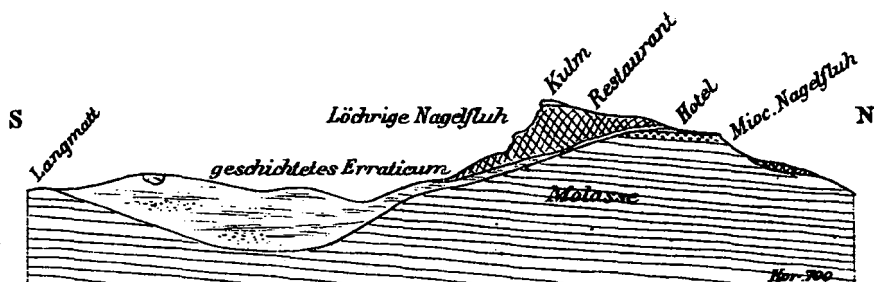


Fig. 2 Profil 12. Längsprofil durch den Ütliberggipfel.
 Längenmassstab 1:25 000
 Höhenmassstab 1:10 000
 (aus *Wettsteins* «Geologie von Zürich und Umgebung»)

Das damalige Wissen um die Eiszeiten im weiteren Raum um Zürich

Im Abschnitt «*Die Eiszeiten*» hat *Wettstein* (p. 30) das damalige Wissen über diese Periode zusammengefasst. Seit *A. Morlot* (1858) südlich des Genfersees und *Heer* (1858) im Zürcher Oberland unter Moräne Schotter und Schieferkohle und darunter nochmals Schotter und Grundmoräne gefunden hatten, war in der Schweiz erwiesen, dass das Eiszeitalter mindestens zwei, durch eine nach Schätzungen *Heers* rund 6000 Jahre umfassende Zwischeneiszeit getrennte Kaltzeiten umfasst hat. *Wettstein* (p. 31) weist «in die I. Eiszeit: die obern Moränen des Zürichberges», Kiesmoränen, die «ganz mit denen des Glatttals übereinstimmen. Doch... bei einem Strasseneinschnitt bei Wil in Dübendorf» wurde «eine block- und sandreiche Moräne aufgeschlossen. Die Moränen bei Höngg und im Limmat-tal nähern sich in ihrer Zusammensetzung und Form mehr den Moränen des äussern Zuges.» Dagegen zeigt der «grosse, durch eine Grube geschaffene Aufschluss östlich vom Albiswirthshaus eine mindestens 5 m mächtige Moränenablagerung mit dem Charakter der Zimmerbergmoränen (innerer Zug).» Weiter bemerkt *Wettstein*, dass Unterschiede in der petrographischen Zusammensetzung, das Vorkommen oder Fehlen von Puntaiglas-Gesteinen, nur «eine Folge der Ausdehnung der Gletscher» wäre und «keinen Anhaltspunkt zur Unterscheidung zweiter Eiszeiten» böte. «Die innere Struktur, der Aufbau der äussern Moränen aus Kies dagegen weist ihnen entschieden ein grösseres Alter zu, setzt ihre Entstehung in die I. Eiszeit, denn der Kies der Talsohle ist offenbar beim ersten gewaltigen Vorrücken der Gletscher gestört und angehäuft worden... Der mächtige und wohl erhaltene Zürcher Moränenzug gehört der letzten Vergletscherung unserer Gegend, der II. Eiszeit, an.»

Wettstein glaubte in der «inneren Struktur und im Aufbau» einen Altersunterschied zu erkennen sowie dass der «Zürcher Moränenzug» «einen ungemein langen Stillstand des Gletscherendes bei Zürich und zugleich den letzten so grossen Stand der Eiszeit-Gletscher» bekunde. Dieser wird heute als mehrphasig betrachtet. Dabei dürfte der ältere (oder die älteren) beim Vorstoss des (oder der) Gletscher(s) tatsächlich einen längeren Halt bezeugen. Für die Vorstossphase während des generellen Abschmelzens in der letzten Eiszeit verbleiben jedoch nur ein bis maximal wenige Jahrhunderte; dass dieser den letzten so grossen Stand darstellt, trifft hingegen zu.

Nach Ablagerung des Zürcher Moränenwalles «zog sich der Gletscher so rasch zurück, dass der massenhafte Schutt, den er jedenfalls in dieser Zeit trug, den See nicht aufzufüllen vermochte, wie es weiter talabwärts geschehen war... Erst bei Horgen machte er noch einmal» Halt und setzte eine Moräne ab. Der Damm von Rapperswil–Hurden bekundet «wiederum eine Endmoräne, und endlich finden sich Reste einer solchen bei Tuggen.»

«Talabwärts von Zürich sind zwei deutliche Moränenzonen erhalten, bei Dietikon und bei Killwangen». . . . Diese ist «wahrscheinlich die Fortsetzung der Moränen auf der nordwestlichen Abdachung des Ütliberges, die in den Kiesgruben der «Risi» bei der Station Birmensdorf». Damit waren die grossen Züge der letzteiszeitlichen Stände im weiteren Raum von Zürich skizziert.

Als *Grundmoränen* werden (p. 32/33) «Lagen von feinem tonigen Sand oder von magerem Ton mit eingestreuten kleinen polirten und gekritzten Geschieben und einzelnen kleineren Findlingen» bezeichnet, «die auf der Karte als «Glaciallehm» eingetragen sind.» Sie treten «nur an vertieften Stellen, namentlich auf der Sohle der vorglacialen Täler» auf; durch ihre Undurchlässigkeit für Wasser sind sie die «Ursache der Entstehung von sauren Wiesen und von Torfmooren. . . . Die Erosion hat diese Ablagerungen nur wenig angreifen können. . . . Es ist also die ursprüngliche Mächtigkeit noch fast überall erhalten.» *Wettstein* weist also klar auf die geringe Ausräumung derartiger, von Grundmoräne ausgekleideter Talfüllungen hin.

Gletscherschliffe sind in der wenig verwitterungsresistenten Molasse zerstört worden. Nur wo sie von einer Moränendecke geschützt waren, blieben sie erhalten: z. B. auf der Hochschul-Terrasse, unter dem Forsthaus Langnau. «Eine geschrammte Fläche wurde am «Hebeisen», einem Felsvorsprung im obern Sihlwald, beobachtet.» Auch sie belegt die geringe nacheiszeitliche Veränderung des Reliefs.

Durch Gletscherbewegung erzeugte *Schichtstörungen* beschreibt *Wettstein* (p. 33) am Üetliberg.

«Durch das gewaltige Vorrücken der Eiszeit-Gletscher musste sich die gesamte *Pflanzen- und Tierwelt* unserer Gegend, wie überhaupt ganz Europas ändern. Die Reste der Miocaenflora, die sich an geschützteren Stellen erhalten hatten, wurden ganz verdrängt und starben aus. . . .» Umgekehrt wanderte die alpine Flora herab und belebte «die aus dem Eise hervorragenden Landinseln und das Gebiet am Rande der Gletscher». Dabei folgte *Wettstein* den Gedankengängen *Heers* (1859, 1865, 1883) und *C. Schröters* (1883). «Viel schwieriger ist es, uns ein Bild der Fauna der Eiszeit zu verschaffen.» *Wettstein* (p. 36) erwähnt Funde *Heers* (1883) von Käferflügeln und Schneckenschalen, sowie dass *Heer* im Töss-Bergland auf zwei reliktschen Alpenpflanzen die gleichen Käfer beobachtet habe, welche diese Pflanzen in den Alpen aufsuchen, und dass er dort auch zwei alpine Wasserkäferchen und am Tössstock eine in den Bündner- und Urneralpen heimische Käferart angetroffen habe. «Zahlreicher sind die fossilen Formen, die sich namentlich im «Löss» finden.» In der ausgehenden Eiszeit tritt zu Überresten von Flora und Fauna um Zürich auch der Mensch mit seiner kulturellen Hinterlassenschaft hinzu.

Flora und Fauna geben sodann präzise Hinweise auf das *Klima*. So erlauben es die mit heutigen Arten verglichenen fossilen, an Ort und Stelle eingebetteten

Blattreste, den Gang des Klimas jüngerer erdgeschichtlicher Zeit zu rekonstruieren.

Die auf *Heim* (1885) zurückgehende Vorstellung, wonach schon eine Temperaturniedrigung von ca. 4° bei gleichbleibenden Niederschlägen genügen würde, um die Gletscher wieder bis Zürich vorrücken zu lassen, ist allerdings übertrieben (*Wettstein*, p. 14). Bei einer Absenkung um 4° würde der Linth-Gletscher selbst bei der grösseren Rückstrahlung von Sonnenenergie durch Zunahme der Firnfläche kaum bis Linthal vorrücken.

Der Einfluss der eiszeitlichen Ablagerungen auf die Böden und das Trinkwasser

Der Zeit und seinem Meister folgend, betont *Wettstein* (p. 37f.) den Einfluss des eiszeitlichen Blockmoränenschuttes auf die *Fruchtbarkeit der Böden*, vorab durch Verwitterung löslicher Alkalien in den Silikatgesteinen. «Zudem kann sich in dem Moränenschutt das Wurzelwerk der Pflanzen viel freier und leichter entfalten, und es führt den Pflanzen... vermehrte Nahrung und reichlicher Wasser zu.» Entgegengesetzt wirken Grundmoränen; sie sind «für Wasser fast ganz undurchlässig. Die Feldspatgesteine verwittern daher viel langsamer...»; sie sind, soweit die Oberflächengestalt nicht zu Torfbildung geführt hat, durch Riedwiesen gekennzeichnet.

Wettstein (p. 39f.) weist ferner auf den *Einfluss der eiszeitlichen Ablagerungen auf die Quellen* hin. Grundmoränendecken verhindern den Austritt von im Boden zirkulierendem Wasser, gestatten aber die Anlage konstant fliessender, vor Verunreinigungen geschützter Sodbrunnen. Umgekehrt kann bei Obermoränen «das Wasser leicht einsickern». Hinsichtlich der Moränen von Zürich bezieht sich *Wettstein* auf *Escher* und *Bürkli* (1871). Darnach würden diese Moränen «keine Änderung des Grundwasserstandes und Stromes hervorbringen, wohl zum Teil deshalb, weil sie auf den Kieslagern der I. Eiszeit aufruhend, durch die das Wasser leicht zirkulieren kann. Der Grundwasserstand der Stadt Zürich richtet sich in den höhern Teilen nur nach den Niederschlagsmengen, in den tiefern nach diesen und dem Limmat- resp. Seestand. Die *Sihl* hat keinen Einfluss; selbst die Sodbrunnen, die z. B. in der Allmend, dicht neben ihr im Kiese gegraben sind, ändern ihren Wasserstand weder bei Hoch- noch bei Niederwasserstand der Sihl, und trüben sich nicht mit ihr. Daraus folgt, dass sie kein Sihlwasser enthalten, sondern ihr Wasser aus dem allgemeinen Grundwasserstand schöpfen. Das oft trübe Sihlwasser hat alle Poren, durch die es in den Kies eindringen konnte, durch den feinen Schlamm wasserdicht vermauert, und kann somit auch auf den ganzen Grundwasserstrom des Sihlfeldes keinen Einfluss ausüben.»

«Da die Moränen auf Glaciallehm oder auf Molassefels aufruhend, der sich... als wenig durchlässig erweist, so haben wir im Moränengebiet an den Gehängen die

für Quellenbildung günstigen und erforderlichen Verhältnisse: Durchlässige Bodenoberfläche, undurchlässige Schicht in nicht zu grosser Tiefe und die erforderliche Neigung. . . Doch nie sollte man versäumen, eine Quelle, die man als Trinkwasser benützen will, chemisch untersuchen zu lassen, um den Gehalt an organischen Bestandteilen zu kennen» (p. 68).

«Die Molasse selbst ist im allgemeinen. . . der Quellenbildung ungünstig, denn sie lässt zu wenig Wasser einsickern. Wenn Sandsteinschichten den direkten Untergrund des Bodens bilden, so gestaltet sich das Verhältnis besser, denn sie fallen ziemlich schnell der Verwitterung anheim und werden dadurch durchlässig, während die mit ihnen wechsellagernden Mergelschichten den undurchlässigen Grund bilden, auf dem das Wasser abfliessen kann.» . . . Die «Gehänge des Zürichberges gegen den See hin» sind reich an Quellen. «Auf der Glattalseite fehlen dagegen gute Quellen fast ganz.»

Die nacheiszeitlichen Ablagerungen

Neben den *Bachalluvionen* und *Schuttkegeln* (p. 41 ff.) des «Zürcher-» und «Küsnachter Horns» sowie den Schuttkegeln am Fusse des Üetlibergs, weist *Wettstein* auf Kalktuffe (p. 45/46), Seekreide (p. 46 ff.) und Torfe (p. 51) hin. Im Moos bei Schlieren und in der Buttenau zwischen Adliswil und Langnau wurde Kalktuff gar als Baustein abgebaut. Sodann erwähnt *Wettstein* (p. 46) eine 2 m mächtige Schicht mit Blattabdrücken vom Ausgang des Küsnachter Tobels und im Kehriggätterli zwischen Albisrieden und Uitikon eine Kalktuffablagerung, die sich eher einer «Seekreide» nähert, einer Kalkablagerung, die den Boden unserer Seen bedeckt und in den Torfmooren gewöhnlich direkt unter der Torfschicht gefunden wird.» Ähnliche Ausbildungen sind ihm von vielen Stellen «hinter Moränen-Hügeln oder in Glacialschutt eingelagert» bekannt. Es sind Belege ehemals vom Eis gestauter Randseen.

Die Torfvorkommen bedeckten noch grössere Areale, was seine Karte um Bonstetten, im Nidelbad und im Glattal zum Ausdruck bringt.

Alter und Entstehung der Zürichsee-Talung

Für die Entstehung der Zürichsee-Talung diskutiert *Wettstein* zwei Möglichkeiten:

Albrecht Penck (1882) deutet das Becken – entsprechend den bayerischen Alpenrandseen – als Produkt des eiszeitlichen Gletschers, der sich in die Molasse eingeschnitten und es «ausgehobelt» hätte.

Heim und seine Schüler glaubten im Zürichsee ein altes Flusstal, ein Erosionstal, zu erkennen. Dieses wäre nachträglich durch vertikale tektonische Verstellung unter Wasser gesetzt worden. *Wettstein* versuchte diese These mit «Kriterien» zu stützen. Als «Gründe» gegen eine glaziale Ausräumung weist er auf die beiden Inseln, Ufenau und Lützelau, sowie auf die Inselberge in der Linthebene hin. Ebenso steige der Untergrund bei Wettingen und Baden an, ohne dass sich dort bedeutende Moränen einstellten. Das Auftreten von Moränen hängt jedoch von länger eingenommenen Eisrandlagen ab. Neben weiteren «Kriterien» werden gar solche angeführt, die mit beobachtbaren Tatsachen in Widerspruch stehen, etwa die Zürichsee-Terrassen stünden in gar keiner Beziehung zu Aufbau und Lagerung der Molasse.

Erst *Eduard Brückner* (in *Penck* und *Brückner* 1909) und *N. Pavoni* (1953) konnten die Terrassen klar als Härteunterschiede im Schichtaufbau der Molasse, als «Molasse-Terrassen», belegen. Auch *Heims* «100 Beweisen», die er allerdings grösstenteils schuldig geblieben ist, geht viel von ihrer Beweiskraft ab. Immerhin belegen sie, dass die glaziale Ausräumung meist überschätzt worden ist; doch sprechen sie in keiner Weise für die von *Heim* stets vehement verfochtene fluviale Ausräumung.

Wie an zahllosen Stellen gezeigt werden kann, folgt die Ausräumung stets tektonischen Strukturen: aufgebrochenen Gewölben, Mulden, Brüchen, Klüften sowie Unterschieden in der Gesteinsresistenz. *Escher* und *Heer* (1865, 1883) standen mit der «Spalten-Theorie» für die Talbildung der Wirklichkeit näher.

Nach dem Zerbrechen in einzelne Gesteinsschollen – oder im alpinen Raum in Deckenteile – kam es bei weiteren Bewegungen im Zusammenhang mit der alpinen Gebirgsbildung zu deren Auseinanderfahren und damit zur Öffnung von Tälern. Der im Streichen verlaufende Zürcher Obersee dagegen bildete sich in einem beim Anfahren der subalpinen Molasse-Schuppen aufgebrochenen Gewölbe.

Sihltal, Talung Bonsetten – Birmensdorf – Urdorf und Reppischtal

Das *Sihltal* hielten *Heim* und *Wettstein* für jünger als das Zürichsee-Tal. Nach *Wettstein* (p. 60/61) wäre es «nicht älter als die Kieslager des Limmattales» und «nicht älter als der Zürcher Moränenzug», also nicht älter als die letzte Eiszeit. Immerhin bemerkte er (p. 61), dass im Moos bei Adliswil die Grundmoräne bis nahe an die Sihl reicht. Andererseits zeigt schon die topographische Unterlage gegen Adliswil absteigende Moränenwälle. Ob *Wettstein* diese übersah? Oder ob er sie nicht zeichnen durfte, da sein Lehrer das Sihltal (1891) stets als junges, erst nacheiszeitlich entstandenes Tal betrachtete? Hingegen trifft seine Folgerung zu, wonach das Sihltal «seine Entstehung der Dämmung und Lenkung der Sihl durch

den Reuss- und Linth-Gletscher» verdankt. Dies betrifft jedoch nicht nur die letzten Abschmelzstadien, das Zürich-Stadium, sondern schon entsprechende letzteiszeitliche Vorstosshalte, wahrscheinlich gar noch ältere Stände.

Ebenso ist *Wettsteins* Bemerkung (p. 62) richtig: «Bei Sihlbrugg versperrte . . . der Reussgletscher den Ausgang des Tales gegen den Zugersee, verschloss dadurch» der Sihl «ihren alten Weg und staute sie zu einem Gletschersee zwischen Reuss- und Linthgletscher auf. . .» Hingegen bestehen noch keine sicheren Anhaltspunkte dafür, dass die Sihl «vor der letzten Eiszeit» ihren Lauf von Sihlbrugg gegen den Zugersee nahm». Wohl drang noch in der letzten Eiszeit ein Arm des Linth/Rhein-Gletschers von Sihlbrugg über Hausen gegen den Türlensee vor, was Verrucano-Blöcke belegen.

Den Auffassungen *Heims* folgend, vermutete auch *Wettstein* (p. 68), dass «die Limmat zur Zeit, als die breite Terrasse von Zollikon und vom Zimmerberg dem Talgrunde angehörte, nicht ihren jetzigen Weg» nahm, «sondern es gehörte ihr als direkte Fortsetzung der Linie Weesen–Rapperswil das Glatttal an, das freilich damals noch nicht das heutige Aussehen hatte. Das Limmat- resp. Seetal dagegen war wahrscheinlich durchflossen von der Sihl, die heute noch bei Schindellegi hart an seinen Rand tritt, die dann aber später (vielleicht durch einen von der Reuss her sich rückwärts einschneidenden Seitenbach?) eine Ablenkung gegen den Zugersee erlitt und in der Folge die mächtigen Kieslager bei Baar absetzte.» Die Schotter der Baarburg wurden noch als warmzeitlich betrachtet. Brüche durfte es bei *Heim* – von wenigen Ausnahmen abgesehen – nicht geben, und Blattverschiebungen – etwa jene der Talung von Rothenthurm und des Zürichsees – waren noch unbekannt.

«Beim Wiedereinschneiden der Flüsse» (p. 68) hätten sich dann «Reste ihrer früheren Talböden . . . nur selten in einer Ausdehnung und einem Zustand erhalten», dass sich «daraus die alten Talböden rekonstruieren» liessen (*Ludwig Rütimeyer* 1869). Doch solche haben gar nie als Talböden existiert.

Noch in der letzten Eiszeit reichte ein Arm des Reuss-Gletschers durch die Talung von Hedingen–Bonstetten gegen Birmensdorf. Umgekehrt wandte sich ein südlicher Lappen des Linth-Gletschers von Schlieren in die *Urdorfer Talung* bis zur Risi nördlich der Station Birmensdorf. In früheren Kaltzeiten drang Linth-Eis gar bis Birmensdorf. Dort traf es auf ebenfalls weiter vorgestossenes Reuss-Eis. Eine durchgehende präglaziale Talung von Hedingen über Bonstetten–Birmensdorf nach Urdorf erscheint damit recht wahrscheinlich, wie dies *Müller* (1869) und *Wettstein* (p. 63/64) vermutet haben. Sie ist älter als das Eiszeitalter und war schon durch die westlichste Hörnli- und die südöstlichste Napf-Schüttung vorgezeichnet.

Das *Reppischtal* hat *Wettstein* richtig als randlich eingetieft Schmelzwässer des Reuss-Gletschers in die Glazialzeit eingestuft und (p. 64) auf die Ähnlichkeit in der Gestaltung und in der Entstehungsgeschichte mit dem Sihltal hingewiesen.

Doch ist auch das Reppischtal nicht erst das Werk des letzten Eisvorstosses, sondern, wie neuere Bohrungen belegen, mehrphasig entstanden, von denen die älteste mindestens in die vorvorletzte Kaltzeit zurückreicht (L. und G. Wyssling in Hantke 1984).

Die Tobel der Pfannenstil-Kette

Da im Küssnacher Delta in der Fröschgasse¹ Wettstein (p. 42) noch Grundmoräne feststellen konnte, schloss er daraus folgerichtig, dass der tiefere Teil des Deltas schon vor der letzten Eiszeit bestand. Die mit erraticem Schutt – Blöcken und Moränen sowie dem Wulp-Schotter – verfüllten Tobel der Pfannenstil-Kette liessen ihn diese als «präglazial» (p. 23), mindestens als vor der letzten Eiszeit angelegt, einstufen (p. 69).

«Die kleineren Bäche dagegen sind postglacialen Ursprungs. Ohne Zweifel existierten solche auch schon vor der Eiszeit, wurden dann aber vollständig mit Schutt ausgefüllt, und da ihnen keine grösseren Sammelmulden . . . zukommen, so war nach der Eindeckung keine Veranlassung zu ihrer Wiederherstellung vorhanden» (p. 65). Selbst das *Erlenbacher Tobel* «kann nicht vor der Eiszeit existiert haben», da «der Bach bis fast an den Rand der Halde im See» auf Molasse fliesse. Doch ist dies kein Kriterium. Das Tobel hat schon *während* der Eiszeit existiert.

Der *Kusenbach* nördlich von Küssnacht fliesst «fast ganz durch Moränenschutt und berührt «nur . . . beim oberen Weiher die Molasse». Wie beim *Guggerbach* zwischen Zollikon und Küssnacht erfolgte die Eintiefung als Schmelzwasserrinne bereits unter dem Eis.

«Auf dem nordöstlichen Abhang des Zürichberges ist der Sagentobelbach, der sein Wasser in der Adlisberger Mulde sammelt, wahrscheinlich älter als die Eiszeit», mindestens als die letzte. Die Blöcke im Fällander Tobel können auch «durch den Gletscher direkt in die Schlucht abgelagert worden» sein.

Die Üetliberg-Schutfächer

Am Fuss des Üetlibergs weist Wettstein auf in verschiedenen Niveaus aufrecht im Lehm stehende Baumstrünke hin, die während der Schuttkegelbildung einen Wald belegen. Dieser wurde mehr und mehr von feinstem, sanft rieselndem Schlamm eingedeckt, was zum Absterben der Bäume führte. Die Mehrzahl der Strünke sind jedoch nicht Rottannen, sondern Föhren, denen einzelne Birken beigegeben waren (G. Grossmann 1934, W. Lüdi 1934).

¹ Die heutige Rosenstrasse in Küssnacht; sie reichte von der Alten Landstrasse zum See.

Die jetzigen Veränderungen

Die Erosionsleistung schwankt ausserordentlich, und die oft stark abweichenden Auffassungen über ihr Ausmass ergeben sich meist aus zu grossräumigen Verallgemeinerungen und Übertragungen auf Felsgestein und ganze Talsysteme. «Im Sihlwald wurden in den vierziger Jahren mehrere Seitenbachbette an ihrer Mündungsstelle im Niveau des Flussgrundes mit Steinen gepflastert. Heute, nach 40 Jahren, hat sich die Sihl um 80 cm tiefer eingefressen, ... Eine Pflasterung, die... am Rande des Sihlbettes angebracht wurde und die gewöhnlich unter Wasser stand, wird jetzt sogar bei mittlerem Hochwasser nicht mehr benetzt... Ein Felsriff, welches stets unter Wasser war, ist jetzt von Weiden und Haselnusssträuchern bewachsen (mdl. Mitt. von Forstmeister *Meister*).» *Wettstein* betrachtete dies als Einzelfall. «Eine konstant und allgemein so starke Erosion ist schon deshalb nicht anzunehmen, weil die Sihl bei Sihlbrugg seit der zweiten Eiszeit sich um höchstens 20 m eingefressen hat.» Die Eintiefung beträgt gar weniger als 10 m. «Wie rasch das Rückwärtswandern von Stromschnellen in ihr vor sich geht, zeigt eine Veränderung bei der Tierarzneischule in Zürich... Ein 1 m hohes Wuhr wurde dort im Jahr 1874 entfernt und dafür ein neues bei der Eisenbahnbrücke Sihlhölzli angelegt. 1884, also nach zehn Jahren, hat die Sihl die dadurch entstandene Unregelmässigkeit in ihrem Bette vollständig beseitigt, indem sie sich bis zum neuen Wuhr hinauf um 1 m vertieft hat.»

«Lebhafter noch als die Sihl verändern sich die *Bäche*... aus den 34jährigen Beobachtungen an einem ca. 1½ m hohen Wasserfall im Hornbach in der Nähe des «Drahtzuges» ergab sich ein mittleres Rückschreiten von 0,2 m per Jahr (7 m in 34 Jahren, *Escher* und *Bürkli* 1871). Dabei wirkten aber die Hochwasser... bedeutend mit. So schnitt sich der *Wolfbach* bei dem Hochwasser von 1878 (3. und 4. Juni) an einem Tage bei der Kurve 550 m um mindestens 1,5 m ein. Der grosse Fabrikweiher, der im Bachbett des *Küsnachter Tobels* lag, wurde am gleichen Tage in wenigen Stunden vollkommen ausgefüllt und ausserdem brachte der Bach noch viele Tausende von Kubikmetern Schutt ins Tal herunter und vergrösserte sein Delta derart, dass nachher lange da gebaggert werden konnte, wo früher die Halde sich abgesenkt hatte. In dem Schutte lagen Blöcke von vielen Zentnern Schwere. Ja das Hochwasser, das fast genau 100 Jahre früher (8. Juli 1778) einen Teil von Küsnacht zerstörte und 63 Menschen das Leben raubte, hat einen Block von 176 Zentnern auf das Lochmann'sche Gut am See gewälzt und dort liegen gelassen» (*A. Bürkli-Ziegler* 1880).

«Trotzdem in Küsnacht seit 1878 kein Hochwasser mehr war, hat sich doch der Bach schon wieder 3 m tief in den Schutt des ausgefüllten Weihers eingefressen, d. h. so tief als es ihm überhaupt durch Erniedrigung der Talsperre, welche den Weiher gestaut hatte, möglich war» (p.71). Neben den Hochwassern und dessen Schäden berichtet *Wettstein* (p. 72) von der Kalkbilanz im See und von Rutschun-

gen, die sich nach langen Regenwettern um Zürich ereignet haben. Dabei weist er (p. 73) auch auf «die eigentümliche Bodengestaltung in den ‹Letziweiden› am Abhang des Äugsterberges gegen den Törlerse» hin. Dessen Hügel «bestehen nicht aus Glacialschutt, sondern sind Molasse, jedoch in gestörter Lagerung. Offenbar ist das ganze Terrain zwischen der ‹Falletsche› am Äugsterberg und der Reppisch abgesunken; es ist eine mächtige Felsrutschung.»

Bemerkungen zu Wettsteins Geologischer Karte von Zürich und Umgebung

Wettsteins Karte 1:40 000 zeigt auf *Randeggers* Kurvengrundlage eine für die damalige Zeit ausserordentliche Leistung. Zugleich war sie für die eben aufkommenden geologischen Detailkarten richtungweisend. In der Oberen Süsswassermolasse sind neben den Nagelfluhzonen die Aufschlüsse durch intensivere Farbgebung unterschieden. Dies trifft auch für die unter der Vegetationsdecke zutage tretende Moräne zu. Ferner wurden verrutschte Partien und bei der Moränendecke Wälle, flache Moräne und Glaziallehm – Grundmoräne – ausgeschieden. Sodann sind ‹Löchrige Nagelfluh› (= verkittete Schotter), Schuttfächer, Ziegeleilehme, Bach- und See-Alluvionen sowie Torfgebiete dargestellt. Bei Findlingen werden Anhäufungen und bei grösseren Blöcken Gestein und Kubatur festgehalten. Isoliert stehende Zahlen zeigen die Mächtigkeit der durch die Farbe angegebenen Bildung an. Bei Gruben sind Kies, Sand, Sandstein, Süsswasserkalk und Mergel unterschieden.

René Hantke

Erläuterung von Fachausdrücken

Diorit: hell-dunkel gesprenkeltes, mittelkörniges Tiefengestein

Miozän: zweitletzter Abschnitt der Tertiärzeit (Erdneuzeit), von 23,7–5,3 Mio. Jahren

Molasse-Sedimente: Abtragungsschutt der werdenden Alpen

Murgang: Schlammstrom mit Geschiebe

Oligozän: drittletzter Abschnitt der Tertiärzeit, von 36,6–23,7 Mio. Jahren

Pliozän: letzter Abschnitt der Tertiärzeit, von 5,3–1,7 Mio. Jahren

Streichen: Schnittlinie einer geneigten Gesteinsplatte mit der Horizontalen und deren Winkel zur Nordrichtung

Literaturverzeichnis

- Bürkli-Ziegler, A.* (1880): Die grössten Abflussmengen der städtischen Abzugskanäle – Techn. Mitth. schweiz. Ing. Arch. Ver., 14.
- Escher v. d. Linth, A.* (1835): Tagebücher – Dep. Hauptbibl. ETH Zürich.
- Escher v. d. Linth, A.* (1844): Geologischer Umriss des Kantons Zürich – In: *Meyer v. Knonau, G.*: Der Kanton Zürich – Gemälde der Schweiz – St. Gallen, Bern.
- Escher v. d. Linth, A., und Bürkli, A.* (1871): Die Wasserverhältnisse der Stadt Zürich und ihrer Umgebung mit einer geologischen Karte 1: 10 000 – Njbl. natf. Ges. Zürich 73.
- Grossmann, H.* (1934): Vorgeschichtliche Hölzer im Urolehm – Schweiz. Z. Forstwesen 58.
- Gutzwiller, A.* (1880): Die löchrige Nagelfluh; ihre Beziehungen zu den tertiären und quartären Ablagerungen – Ber. Gewerbeschule Basel 1879–80.
- Hantke, R.* (1984a): Zur Morphogenese des unteren Sihl- und Reppischtals (Kt. Zürich) – Ber. Skripten 17 – Geogr. Inst. ETH Zürich.
- Hantke, R.* (1984b): Zur Erdgeschichte der Albiskette – In: *Der Üetliberg – Zürich – 2. Aufl.* 1986.
- Heer, O.* (1858): Die Schieferkohlen von Uznach und Dürnten – Zürich.
- Heer, O.* (1859): Flora tertiaria Helvetiae 3 – Winterthur.
- Heer, O.* (1865): Die Umwelt der Schweiz – Zürich – 2. Aufl. 1883.
- Heim, A.* (1885): Handbuch der Gletscherkunde – Stuttgart.
- Heim, A.* (1891): Die Geschichte des Zürichsees – Njbl. natf. Ges. Zürich 93.
- Heim, A.* (1919): Geologie der Schweiz 1 – Leipzig.
- Lüdi, W.* (1934): Das Alter des Uto-Mergels und seiner Hölzer – Vjschr. natf. Ges. Zürich 79/1–3.
- Martins, Cb.* (1875): Recherches récentes sur les glaciers actuels et la période glaciaire – Revue deux mondes.
- Morlot, A.* (1858): Sur le terrain quaternaire du bassin du Léman – Bull. Soc. vaud. sci. natur. 6.
- Mühlberg, F.* (1869): Über die erratischen Bildungen im Aargau und in den benachbarten Theilen der angrenzenden Kantone; ein Beitrag zur Kenntniss der Eiszeit – Festschr. aarg. natf. Ges. 500. Sitzung.
- Pavoni, N.* (1953): Die rückläufigen Terrassen am Zürichsee und ihre Beziehungen zur Geologie der Molasse – Geogr. Helv. 8/3.
- Penck, A.* (1882): Die Vergletscherung der Deutschen Alpen – Leipzig.
- Penck, A., und Brückner, E.* (1909): Die Alpen im Eiszeitalter 2 – Leipzig.
- Rütimeyer, L.* (1869): Über Thal- und See-Bildung – Basel.
- Schill, J.* (1858): Die Tertiär- und Quartärbildungen des Landes am nördlichen Bodensee und im Höhgau – Württ. natw. Jh. 15 – Stuttgart.
- Schröter, C.* (1883): Die Flora der Eiszeit – Njbl. natf. Ges. Zürich 85.
- Wettstein, A.* (1885): Geologie von Zürich und Umgebung – Diss. Univ. Zürich – Frauenfeld.

Der 2. Teil «Wettstein als Paläontologe»
folgt in den «Küsnachter Jahresblättern» 1988



Alexander Wettstein verunglückte am 15. Juli 1887 mit fünf Kameraden beim Abstieg von der Jungfrau tödlich. Die hier abgebildete Erinnerungstafel wurde den «Küsnachter Jahresblättern» in verdankenswerter Weise zur Verfügung gestellt von Archirekt Max Wettstein (Küsnacht), einem Neffen von Alexander Wettstein.