

Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich

2. Teil: Linth-/Rhein-Gletscher im Glattal, Gletschergebiete von Reuss und Thur/Rhein

Gerhart Wagner (Stettlen)

Zusammenfassung

Im Anschluss an WAGNER (2002) wird das Paradigma Mittelmoräne auf den Glattal-Arm des Linth-/Rhein-Gletschers sowie auf die zürcherischen und benachbarten Gebiete des Reuss- und des Thur-/Rhein-Gletschers angewendet.

1. Drumlins. Das Baumaterial der Drumlins wird im Wesentlichen auf ursprüngliche Obermoräne zurückgeführt. Die Hügelform ist primär durch die Art der Sedimentation (Mittelmoränenkämme, «Hummocky moraines», evtl. Reliefumkehr) entstanden. Die Hügel können somit als «Obermoränendrumlins» im Sinne von HEIM (1919, S. 262) bezeichnet werden. Manche Hügel wurden durch nachträgliche Eisüberprägung abgeflacht und mit Grundmoräne überzogen.

2. Deckenschotter. Nach dem «Mittelmoränen-Modell» wurde auch das Baumaterial der Deckenschotter auf dem Eis herangeführt durch Mittelmoränen, die lokal auf erhöhte Teile des Molassereliefs aufzuführen. Das Schuttgut wurde grossenteils verschwemmt und eisrandnah sedimentiert. *Deckenschotter zeigen somit nicht die Basis, sondern die Oberfläche der zugehörigen Gletscher.* Die Vorstellung früherer hochgelegener Einebnungsflächen wird aufgegeben. Überflüssig wird auch die Annahme eiszeitlicher tektonischer Ereignisse.

3. Beziehungen zwischen Drumlinfeldern und Deckenschottern. Auf den aus vielen Teilgletschern zusammengesetzten Eisströmen bildete sich in jeder Kaltzeit dasselbe Mittelmoränenmuster («Re-Iteration» der Mittelmoränen). Darum lassen sich manche für die Würmeiszeit eruierte Mittelmoränenstränge auch in den Vorkommen von älteren Moränen und Schottern («Riss»- und Deckenschotter) wiederfinden.

Pleistocene medial moraines in the canton of Zurich

Part 2: The glacier of Linth/Rhine in the Glatt-valley, glaciers of Reuss and Thur/Rhine

As a continuation of WAGNER (2002), the paradigm of medial moraines is applied to the glacier of Linth/Rhine in the Glatt-valley and to the Zurich and neighbouring areas of the glaciers of Reuss and Thur/Rhine.

1. Drumlins. *The sediments forming mainly the drumlins are thought to be transported originally as surface-moraine. Their hill character is given primarily by sedimentation (ridges of the medial moraines, «hummocky moraines», evtl. topographic inversion). Following HEIM (1919, p. 262), they can be specified as «surface-moraine drumlins». Many of them are modified and covered with ground moraine by subsequent ice advancement.*

2. The Deckenschotter. *Following the «medial moraines-model», the building material of the «Deckenschotter» has also been transported upon the ice by medial moraines ending locally on elevated parts of the ground relief. A great part of their debris has been washed out and sedimented near the ice. Therefore, the Deckenschotters do not reflect the basis, but the ice surface of the corresponding glaciers. The conception of former generalized high relief-grounds is given up. The hypothesis of tectonic movements during the Ice-age becomes also unnecessary.*

3. Interrelations between drumlin fields and Deckenschotter. *In every cold period, the same medial moraine pattern has been built up upon the highly composed glaciers («re-iteration» of the medial moraines). Therefore, the medial moraine-tracks, identified for the Würm-glaciation, can be correlated in many cases with occurrences of Deckenschotter or «Riss»-sediments.*

Keywords: Deckenschotter – Drumlins – Eiszeit – Geomorphologie – Mittelmoränen-Modell – Schweiz

1 EINLEITUNG

Im ersten Teil dieser Studie (WAGNER, 2002) wurde dargelegt, dass Mittelmoränen in allen von den alpinen Eiszeitgletschern erreichten Gebieten eine bedeutende, aber bisher verkannte morphogenetische Rolle gespielt haben. Die aufgezählten Beispiele beschränkten sich auf den Linthgletscher in der Zürichseetalung und im Knonauer Amt. Der vorliegende zweite Teil befasst sich – ohne jeden Anspruch auf Vollständigkeit – mit den übrigen eiszeitlichen Gletschergebieten des Kantons Zürich: mit dem Gebiet des Reussgletschers im Knonauer Amt, mit den nördlichen Teilen des Linthgletscher-Areals und den Gebieten des Thur-/Rhein-Gletschers. Für den allgemeinen Teil wird auf WAGNER (2002) verwiesen.

2 LETZTEISZEITLICHE MITTELMORÄNEN IM GEBIET DES REUSSGLETSCHERS

LK 1111 Albis, Atlasblatt 89 und LK 1131 Zug

Der Reussgletscher berührte das Gebiet des Kantons Zürich mit seinem Zugersee-Arm, dem östlichsten Lappen des komplex zusammengesetzten Eisstroms aus der Innerschweiz, im südwestlichen Knonauer Amt. Ein breiter Mittelmoränenstrang auf diesem Gletscherlappen lieferte das Baumaterial für die bisher als Drumlins aufgefassten Moränenhügel, welche die Landschaft von Steinhausen an nordwärts über Knonau und Maschwanden bis Obfelden charakterisieren (Abb. 1 und 2). In dem in Abb. 2 dargestellten Ausschnitt sind bei SUTER (1959) und bei HANTKE (1967) zahlreiche Drumlins und Wälle kartiert. Manche dieser Hügel zeigen typische Formen von Mittelmoränen-Endaufschüttungen (von «Mittelquappen», vgl. WAGNER, 2002, p. 160) mit in Fliessrichtung ansteigenden Spornen und vorgestreckten kurzen «Fingern». Morphologisch besonders typisch sind die Hügel von Altgrüt P. 482 und Weid P. 468 NW von Knonau und (nördlich ausserhalb von Abb. 2) der Isenberg W von Affoltern am Albis. Südlich ausserhalb von Abb. 2 liegen auf Zuger Gebiet zahlreiche weitere markante Bildungen dieses Mittelmoränenstrangs, darunter der Schlossberg von Steinhausen und der Schlosshügel von Cham samt dem anschließenden Sporn auf dem Grund des Zugersees.

Im Liegenden der zahlreichen Wälle und Drumlins fand SUTER (1959) einen älteren Schotterstrang, der sich vom Steinhauserwald über Knonau bis Jonen verfolgen lässt. Er ordnet ihn aufgrund seines Gesteinsmaterials (darunter Verucano) als Rinnenschotter einer Rückzugsphase des Linth-/Rhein-Gletschers in der grössten («Riss-») Eiszeit zu.

3 LETZTEISZEITLICHE MITTELMORÄNEN AUF DEM GLATTAL-ARM DES LINTHGLETSCHERS

Der Hauptarm des eiszeitlichen Linthgletschers floss noch zur Zeit der Zürcher Stadien auf breiter Front über die 100 m hohe Molasseschwelle von Hombrechtikon ins Zürcher Oberland und weiter durch die Talungen von Greifensee und Pfäffikersee. Er reichte im Würm-Höchststadium bis ins untere Glatt- und Kempttal. Auf seiner linken Flanke wurde er durch die Pfannenstiel-Kette, auf der rechten durch die Molasse-Erhebungen des Tössgebietes begrenzt. In seinem Bereich lassen sich mehrere Mittelmoränen erkennen.

3.1 Der Hauptstrang von Uster – Wetzikon

Atlasblatt 7 und LK 1112 Stäfa, LK 1092 Uster

Die ausgedehnte Buckelmoränenlandschaft von Uster – Wetzikon – Gossau – Dürnten (Abb. 1 und 3) gilt als eine der schönsten Drumlinlandschaften der Schweiz. Sie wurde mehrfach und gründlich beschrieben (FRÜH, 1895; BODENBURG-HELLMUND, 1909; ZINGG, 1934; JEGGE, 2001; MAISCH, 2001). ZINGG (1934) spricht von insgesamt ca. 150 Drumlins, JEGGE (2001) hat 176 Einzelformen vermessen. MAISCH (2001, p. 37) gibt neue Erklärungen über den Entstehungsmechanismus der sehr zahlreichen und vielgestaltigen Strukturen, räumt aber ein, dass jener als «noch nicht restlos geklärt» gelten müsse. Im Gebiet des Aatals sind die Drumlins älteren, stark verkitteten Schottern aufgesetzt, den Aatalschottern (WEBER, 1902). Sie sind nach HALDIMANN (1978) und WYSSLING und WYSSLING (1978: Abb. 1) als früh-würmzeitlich einzustufen.

Durch welchen Transportmechanismus sind diese gewaltigen Gesteinsmassen aus den Alpen ins Zürcher Oberland gelangt? Wie haben sie die 100 m hohe Molasseschwelle von Hombrechtikon überwunden? Die Frage wird in den bisherigen Bearbeitungen nicht ausdrücklich gestellt. Muss man nach der PENCK- und BRÜCKNER'schen Doktrin annehmen, dass die ganze Quartärlandschaft aus Grundmoränenmaterial hervorgegangen sei (GRAF und MÜLLER, 1999, p. 75: «Die Grundmoräne – Mutter der Gletschersedimente»)? Wenn man das Paradigma Mittelmoräne in Betracht zieht, so ergibt sich ein realistischerer Ansatz: Der Schutt wurde vom Gletscher nicht an seinem Grund, sondern auf seinem Rücken transportiert. Das Eisinnere fällt für grössere Schuttmassen ausser Betracht (vgl. AGASSIZ, 1840, p. 104: «*Le glacier ne souffre aucun corps étranger dans son intérieur.*»). Manche dieser Hügel zeigen Merkmale von «Mittelquappen»: in Fliessrichtung ansteigende Sporne, oft recht markante schmale Kämme («Kompassnadeln»! JEGGE, 2001), Zwei-

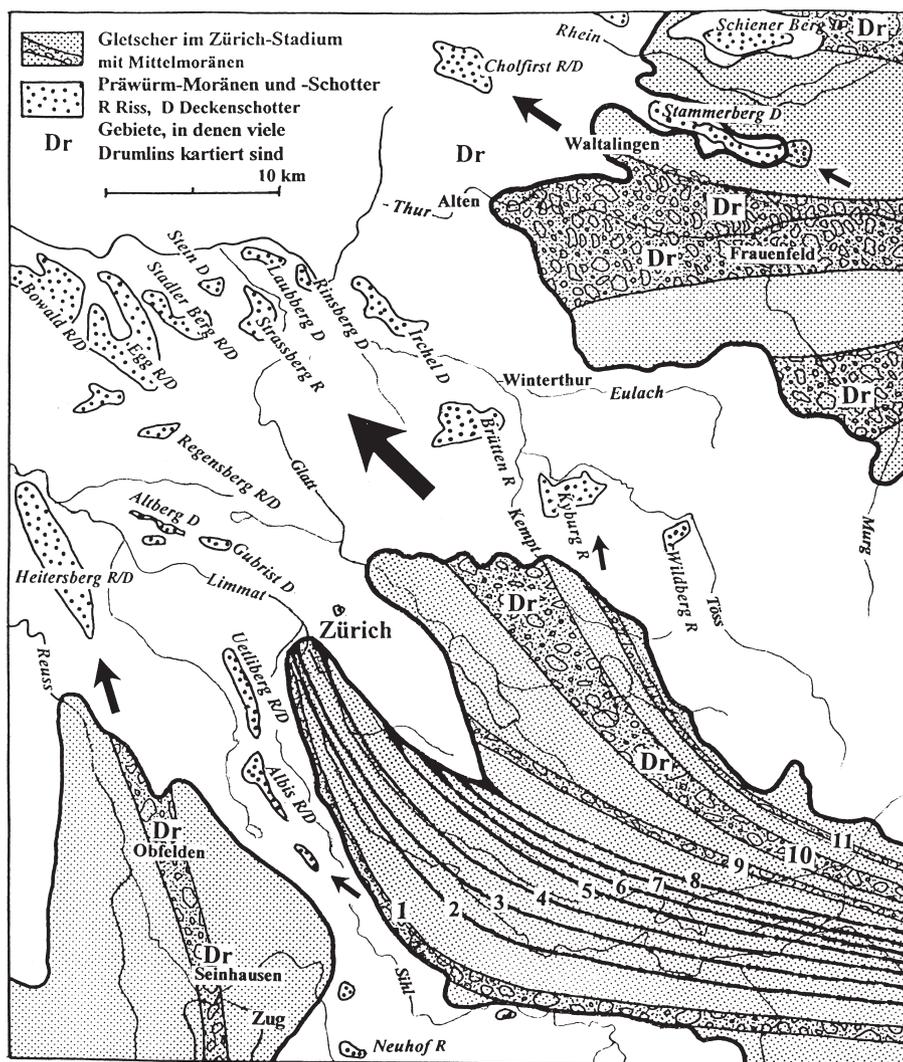


Abb. 1. Die Gletscher von Reuss, Linth/Rhein und Thur/Rhein im Zürich-Stadium mit den vermuteten Mittelmoränen und deren Bezug zu den würmzeitlichen Drumlinfeldern sowie zu Moränen und Schottern früherer Kaltzeiten. Die Pfeile zeigen vermutete Korrelationen zwischen Würm- und älteren Strukturen. Die Mittelmoränen 1–11 auf dem Linthgletscher wurden zum Teil bei WAGNER (2002, dort Abb. 3) näher besprochen. Es handelt sich – nach ihren Endaufschüttungen – um folgende Fälle: 1 Hirzel–Zürich, 2 St.-Anna-Hügel, 3 Lindenhof, 4 Hohe Promenade, 5 Itschnach, 6 Wetzwil, 7 Toggwil, 8 Buechholz, 9 Forch, 10 Hauptstrang der Glatt-Talung, 11 Rusikon.

Fig. 1. The glaciers of Reuss, Linth/Rhine and Thur/Rhine in the stage of Zurich with the supposed medial moraines and their relations to the Würmian drumlin-fields as well as to moraines and gravels of former glacial periods. The arrows show supposed interrelations between Würm- and older structures. The medial moraines 1–11 on the Linth/Rhine-glacier have partly been described in WAGNER (2002, fig. 3). Signification of 1–11 see German text above.

gipfligkeit und pseudopodienartig vorgestreckte «Finger», Eigenschaften, die nicht für echte Drumlins sprechen. Wie in WAGNER (2002, p. 154) dargelegt wurde, erlaubte HEIM (1919, p. 262) die Verwendung des Drumlinbegriffs in der Variante des «Obermoränendrumlins» auch für Mittelmoränen-Bildungen. Nur in diesem Sinne sollte der Begriff hier gebraucht werden. Es wäre aber sinnvoller, ihn auf seine ursprüngliche Bedeutung zu reduzieren und nur für subglaziale Bildungen aus Grundmoräne zu verwenden. Für Mittelmoränen-Aufschüttungen, die nachträglich noch vom Gletscher überfahren, gerundet und mit Grundmoräne überdeckt wurden, schlägt WAGNER (2002, p. 154) die Bezeichnung «Pseudodrumlins» vor. Die Überdeckung mit Grundmoräne trifft nach MAISCH (2001, p. 53) für den grössten Teil dieser Hügel zu. Er spricht von einer hochwürmzeitlichen «Drumlinisierung älterer, früh- und mittelwürmzeitlicher Sedimentstruk-

turen», sieht aber in der «Drumlinisierung» glazial-erosive Prozesse in der Grundmoräne. Nach dem «Mittelmoränen-Modell» sind die Hügel nicht durch Erosion, sondern durch Akkumulation des longitudinal anrückenden Oberflächenschutts entstanden; die Erhebungen wurden beim nachträglichen «Überfahrenwerden» nicht erst herausmodelliert, sondern abgeflacht. Dass die Aatalschotter unter den würmzeitlichen «Mittelquappen» und nicht im drumlinfreien Gebiet liegen, ist plausibel aus der Tatsache, dass bei jedem Vorstoss und bei jedem Rückzug des Gletschers derselbe Mittelmoränenstrang existierte und in stationären Phasen seinen Schutt aufhäufte.

Insgesamt bedecken die aus den Zürcher Stadien stammenden Aufschüttungen des angenommenen gewaltigen, von Dürnten an auf Grund gelaufenen Mittelmoränenstranges bis Wallisellen und Illnau ein Gebiet von 20 km Länge

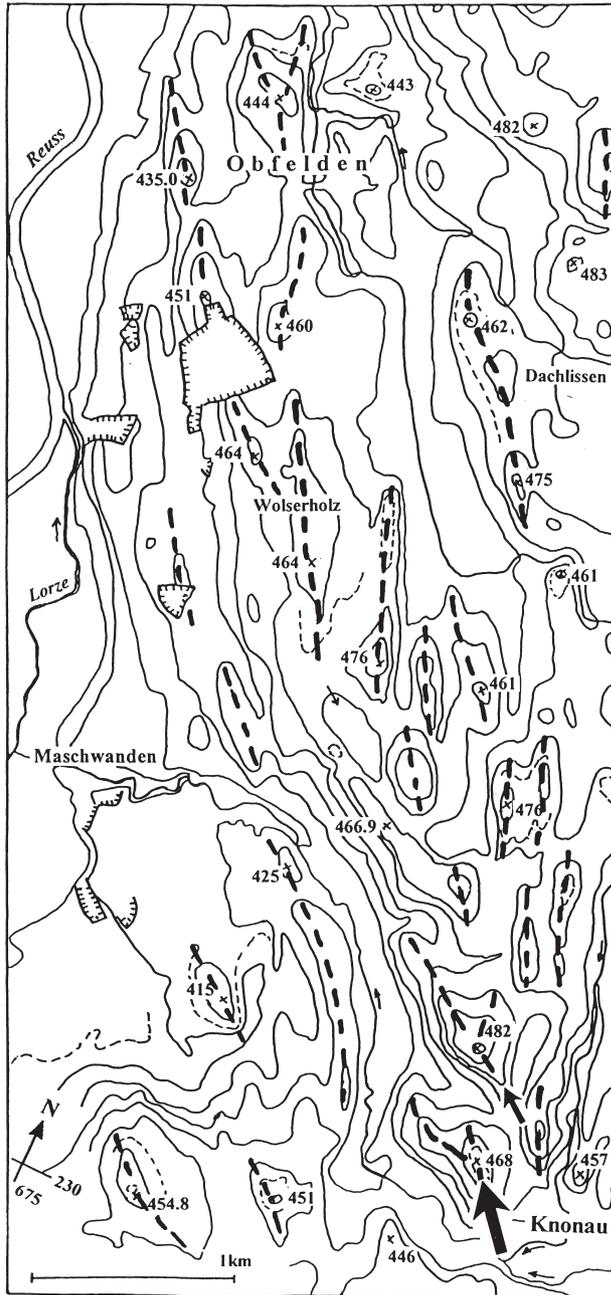


Abb. 2. In der Buckelmoränen-Landschaft von Knonau-Obfelden liegen die Endaufschüttungen eines breiten Mittelmoränenstranges auf dem Zugersee-Arm des Reussgletschers. Der Pfeil zeigt die Auftreffrichtung. Die Kiesgruben in der Westhälfte des Kartenausschnittes liegen nach SUTER (1959) in einem Präwürm-Schotterkomplex (LK 1111 Albis).

Fig. 2. The hummocky moraines-landscape of Knonau-Obfelden is the product of sedimentation by a large track of medial moraines on the Zugersee-lobe of the Reuss-glacier. The large arrow shows the direction of the medial moraine arriving on the ground relief. The gravels in the West part of the picture are considered by SUTER (1959) as a prewürmian complex.

und 6 km grösster Breite. Diese Dimensionen entsprechen denjenigen grosser Mittelmoränenstränge des Rhone- und des Rheingletschers (WAGNER, 2001; HANTKE und WAGNER, 2003). Typisch ist auch die Verbreiterung im distalen Bereich. Es ist aber anzunehmen, dass die ausgedehnte Landschaft nicht das Ergebnis eines einmaligen Stadiums ist, sondern dass derselbe Mittelmoränenstrang in mehreren Vorstoss- und Rückzugsstadien immer wieder einen ähnlichen Verlauf genommen hat. Das berühmte, bei MAISCH (2001, p. 40ff.) detailliert dargestellte Profil von Langfuhr bei Gossau zeigt, dass frühe würmzeitliche Sedimente (Deltaschotter und Übergusschichten) samt den darüber liegenden, interstadialen Schieferkohlen von hochwürmzeitlichen Vorstoss-Schottern und zuletzt von Grundmoräne überdeckt wurden.

Viel früher, im Würm-Höchststadium, hatte der Glattalstrang vermutlich frontal an den Molassehorsten von Strassberg und Hörberg W von Bülach (Abb. 4) geendet und die mächtigen Wälle auf diesen Erhebungen gebildet. Im Schlieren-Stadium sind diesem Strang im Gebiet von Ober- und Niederglatt – südlich ausserhalb von Abb. 4 – die Moränen auf Eschenberg und Hasliberg zuzuschreiben. Nach den Zürcher Stadien lässt sich noch ein Halt, vermutlich dem Hurd-Stadium entsprechend, in den Moränenspornen bei Eschenbach und in der Landzunge von Oberbollingen am Obersee erkennen.

Was die Herkunft des erratischen Materials im Gebiet des Glattalstrangs anbetrifft, stammt nach HANTKE in WILDERMUTH et al. (1982) der Geröllinhalt der Gossauer Grube aus dem Vorderrheintal von Mittelbünden, aus der Walenseetaugung und ihren Zuflüssen sowie aus dem Sernftal. Auch die bei MAISCH und BOLLIGER (2002, p. 7) aus dem Zürcher Oberland beschriebenen erratischen Leitgestein-Blöcke stammen von der linken Seite des Vorderrheintals und aus dem Glarnerland. Rechtsrheinische Gesteine werden nicht erwähnt. Der Obermoränenstrang, der als Zubringer gewirkt hat, muss sich aus Mittelmoränen zusammengesetzt haben, deren Parentalgletscher im Gebiet der rechten Flanke des Sernfgletschers, in den von Süden zum Walensee mündenden Tälern und in der linken Flanke des Vorderrheintals anzunehmen sind. Die rechts vom Vorderrheintal entstandenen Mittelmoränen flossen ins Bodenseegebiet.

3.2 Die seitlichen Mittelmoränen des Glattal-Lappens

LK 1071 Bülach, 1092 Uster

Parallel zum breiten Hauptstrang verlief westlich eine weitere Mittelmoräne (Abb. 1: Nr. 9), welche im Zürich-Stadium die kurzen Wälle an den Hängen zwischen Forch und dem

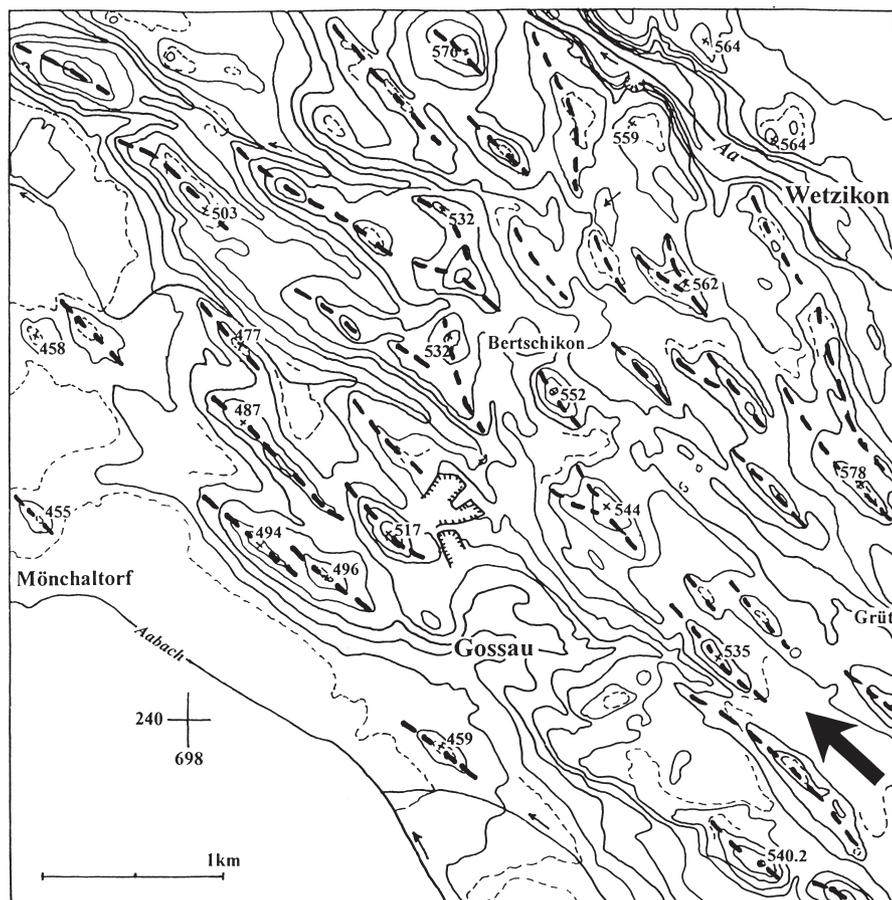


Abb. 3. Ausschnitt aus der Moränenlandschaft von Wetzikon–Gossau. Viele der ca. 50 kartierten Drumlins weisen Merkmale von «Mittelquappen» auf. Der grosse Pfeil zeigt die Auftreffrichtung des vermuteten breiten Mittelmoränenstranges, der das Material der Moränenhügel heranzuführte (LK 1092 Uster, 1112 Stäfa).

Fig. 3. Section of the morainic landscape of Wetzikon–Gossau. Many of the approximately 50 drumlins referred in this area have the character of medial moraine terminal accumulations («terminals»). The large arrow shows the direction of the huge incoming medial moraine track which brought the building material of the morainic hills.

Greifensee schüttete, später die markanten «Mittelquappen» Schlüssberg und Tannsberg S von Grüningen. ZINGG (1934) bezeichnet diese in der flachwelligen Landschaft von Esslingen, Binzikon, Oetwil, Grüningen als «Fremdlinge». In der Tat zeigen diese beiden Strukturen schroffere Formen als die meisten andern. Ihre «Fremdlingsnatur» ist vielleicht dadurch zu erklären, dass sie erst in der letzten Würm-Rückzugsphase als «Mittelquappen» abgesetzt und im Gegensatz zu den meisten Hügeln der Landschaft von Uster – Wetzikon nie mehr von Eis überfahren wurden.

Im Würm-Höchststadium hatte diese Mittelmoräne vermutlich, frontal auf Molasse auflaufend, nacheinander die treppenartige Moränenserie Heitlig – Lätten – Grepp – Rodlof zwischen Neerach und Steinmaur herangeführt.

Eine östlich parallel zum Hauptstrang verlaufende Mittelmoräne (Abb. 1: Nr. 11) gibt sich in den Längswällen zwischen Fehraltorf und Russikon zu erkennen. Sie setzt sich distal ins Gebiet NE von Illnau fort, wo sie sich seitlich direkt neben den Hauptstrang legt. Rückwärts setzt sich diese nördlichste Mittelmoräne des Linthgletschers im Landsberg N

von Pfäffikon und in den Moränenbildungen von Bürglen, Ötschbüel und Auslikon S von Pfäffikon fort.

4 LETZTEISZEITLICHE MITTELMORÄNEN DES THUR-/RHEIN-GLETSCHERS

Atlasblatt 52 und LK 1052 Andelfingen

Der gewaltige Eiskomplex des Bodensee-Vorlandgletschers, der zum weitaus grössten Teil aus dem Rheingletscher bestand, berührte in der Würmeiszeit mit seinem durch das Thurtal abfliessenden Lappen die nordöstlichen Teile des Kantons Zürich (Abb. 1). Im Würm-Maximalstadium kam er im Kempt-Einschnitt S von Winterthur mit Linth-/Rhein-Eis in Berührung. Den Zürcher Stadien des Linthgletschers entspricht beim Rheingletscher das Stadium von Stein am Rhein mit mehreren Stillstandslagen. Die Stammheimer Zunge des Thurlappens (Terminologie nach KELLER und KRAYSS, 1980) endete in jenem Stadium im Gebiet von Unterstammheim – Waltalingen, die Andelfinger Zunge bei Alten, die Winterthurer Zunge reichte östlich von Winterthur bis zur

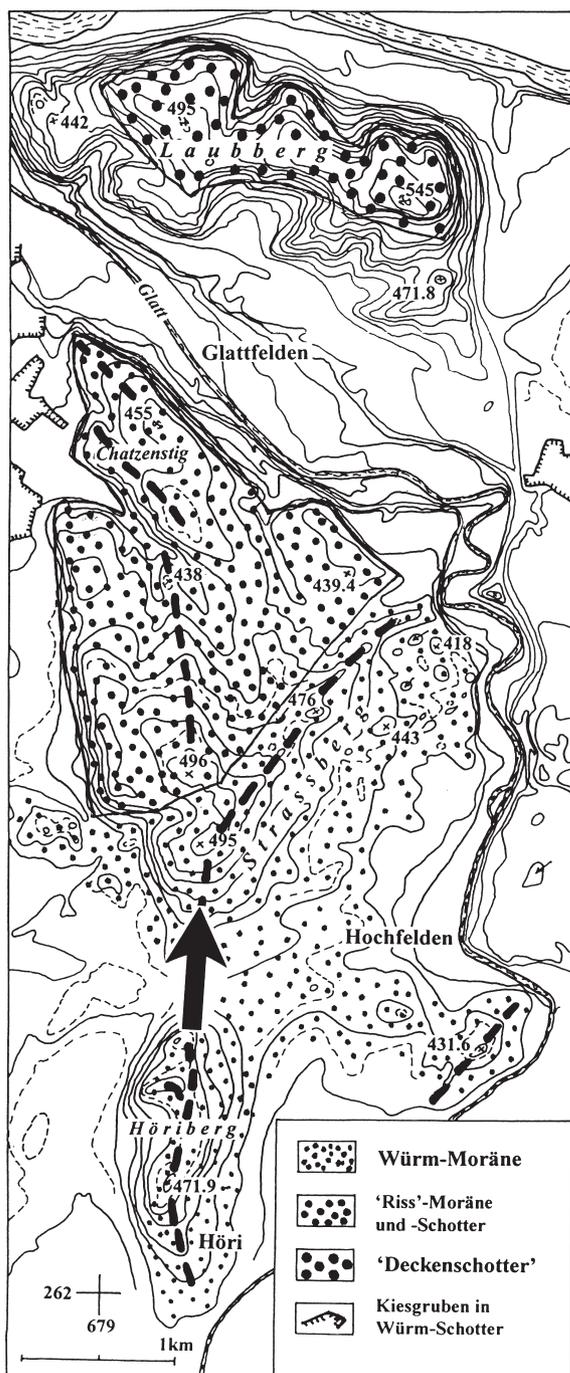


Abb. 4. In der vermuteten Mittelmoränen-Serie Hörriberg (Würm) – Strassberg (Würm – «Riss») – Laubberg (Deckenschotter: «Mindel») ist zu erkennen, dass eine bestimmte Mittelmoräne in den verschiedenen Eiszeiten nahezu denselben Verlauf nahm (LK 1051 Eglisau, 1071 Bülach).

Fig. 4. The supposed medial moraine-series of Hörriberg (Würm) – Strassberg (Würm/«Riss») – Laubberg (Deckenschotter: «Mindel») demonstrates the fact that a given medial moraine – track took approximately the same course in different glacial periods.

Eulach. Die Verteilung der bisher als Drumlins und als Wälle kartierten Moränenstrukturen zu beiden Seiten des zürcherischen und des thurgauischen Thurtals (vgl. HANTKE und WAGNER, 2003, Abb. 3 und 11) lässt darauf schliessen, dass der Thurlappen auf einer Breite von mehreren Kilometern mit Schutt ± bedeckt war, vermutlich durch mehrere nahe beieinander liegende Mittelmoränen. Die von den drei genannten Zungen hinterlassenen Aufschüttungen zeigen in manchen Fällen die Merkmale von Mittelmoränen-Bildungen mit interessanten Varianten. Wir begnügen uns mit je einem Beispiel.

4.1 Stammheimer Zunge

Die Moränenlandschaft von Waltalingen–Guntalingen setzt im Schlosshügel Schwandegg P. 466 und im Guggenbüel P. 474 mit zwei parallelen Achsen «aus dem Nichts heraus» an (Abb. 5 und 6). Beide Achsen setzen sich mit Unterbrüchen über ca. 2 km in der Fliessrichtung des Gletschers fort. Solche Unterbrüche quer zur Achse sind häufig und beruhen auf Oszillationen im Gletscherstand. Die rechte Achse hat nach vorn – ausserhalb von Abb. 5 – eine punktuelle Fortsetzung im Hügel von Schloss Girsberg und im Langenbüel (Koord. 699.9 / 278.2 auf LK 1032 Diessenhofen). Diese isolierten Hügel sollten nicht als Erosionsrelikte betrachtet werden; das erodierende Agens fehlt. In der rückwärtigen Verlängerung dieser Mittelmoräne sind kleine, aber typisch geformte Aufschüttungen innerhalb des Zungenbeckens des Nussbaumer Sees zu finden: auf Zürcher Gebiet der Grosse Nüninger (702,5 / 275,7), auf Thurgauer Gebiet die drei Erhebungen bei Hälfenberg (704,8 / 274,2).

4.2 Andelfinger Zunge

Der Hummenberg bei Alten setzt N der Thur ebenfalls in Gletscherfliessrichtung «aus dem Nichts heraus» an und verlängert sich in zwei symmetrisch gebogene Arme (Abb. 7). Er ist in seinem Südteil über dem postglazialen Terrassenrand nur wenig erosiv angegriffen.

4.3 Winterthurer Zunge

W von Frauenfeld bis ins Gebiet der Station Rickenbach-Attikon sind auf thurgauischem und auf zürcherischem Gebiet bei GEIGER (1943) und HANTKE (1967) ca. 25 Drumlins kartiert. Die Landschaft wurde schon von FRÜH (1894) und HUG (1907) beschrieben. Die Drumlins sind sedimentologisch vielgestaltig. HUG unterscheidet solche aus Grundmoräne, aus Kies und aus Obermoräne. Nach dem «Mittelmoränen-Modell» handelt es sich um eine «hummocky moraines»-Landschaft, d. h. um Endaufschüttungen des breiten

Mittelmoränenstrangs, der nach Überquerung des Chemibach-Einschnittes und des Thurtals auf Grund gelaufen ist. Die meisten Hügel wurden nachträglich noch vom Eis überfahren und mit Grundmoräne überzogen. Besonders markante «Mittelquappen» mit Überhöhungen von mehr als 50 m sind der Schönbüel- und der Eggwald bei der Station Rickenbach-Attikon (701/265) sowie der einen Molassekern aufweisende Grüterbuck SE von Rickenbach.

Auch im Gebiet des Thur-/Rhein-Gletschers ufernten Mittelmoränen seitwärts aus und wurden zu sekundären Seitenmoränen in Analogie zur im Zürichstadium längs der Albiskette ausufernden Hirzel-Mittelmoräne (vgl. WAGNER, 2002, Abb. 3). Eine mächtige sekundäre Seitenmoräne gibt sich im ausgeprägten Wallsystem zu erkennen, das sich von Andelfingen in SE-Richtung längs der Hauptböschung des Thurtals über 5 km bis nach Eschlikon hinzieht.

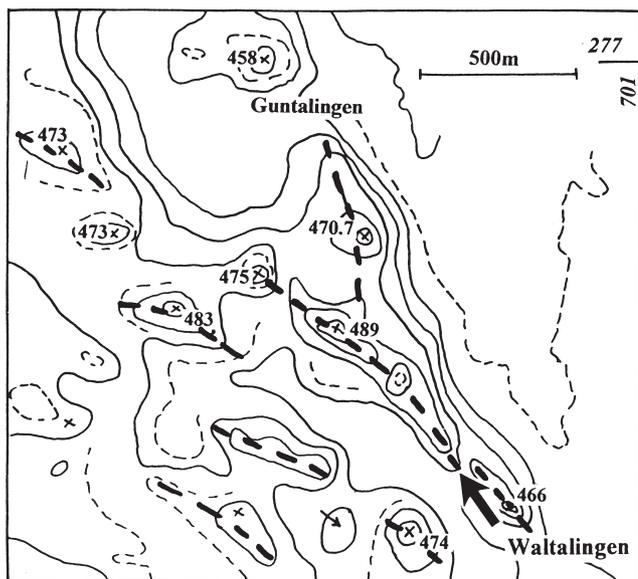


Abb. 5. Zwischen Waltalingen und Guntalingen liegt eine klassische Mittelmoränen-Endaufschüttung mit mehreren Stillstandslagen des Thur-/Rhein-Gletschers. Bei P. 466 (Schloss Schwandegg) streicht sie nach rückwärts ins Leere. Kartiert sind im dargestellten Gebiet 11 Drumlins (LK 1052 Andelfingen). Vgl. Abb. 6.

Fig. 5. The region of Waltalingen–Guntalingen represents a classical example of medial moraines terminal accumulations demonstrating several halt-positions of the Thur/Rhine-glacier. The incoming morainic spur starts abruptly near P. 466 (castle of Schwandegg). The existing geological maps refer 11 drumlins in this area. Cf. fig. 6.

5 MITTELMORÄNEN FRÜHERER EISZEITEN

5.1 Allgemeines

Die im ersten Teil dieser Studie (WAGNER, 2002) dargelegte Überlegung, dass dieselben Mittelmoränen-Individuen, die sich für die Würmeiszeit nachweisen lassen, schon in früheren Eiszeiten existiert haben müssen (wir bezeichnen dies als die «Re-Iteration» der Mittelmoränen), führte WAGNER zu einer Neuinterpretation der hochgelegenen Schotter auf der Albiskette, HANTKE und WAGNER (2003) zu einer Neuinterpretation der Deckenschotter im Thurgau.

Als Deckenschotter werden seit PENCK (1882) die auf Hochflächen gelegenen, meist verkitteten alten Schotter bezeichnet. PENCK war der Auffassung, dass diese Hochflächen Reste von einst durchgehenden vor- bzw. früheiszeitlichen «Einebnungsflächen» darstellen, auf der die damaligen Gletscher gelegen und ihre Sedimente deponiert hätten. Im Laufe der Interglazialzeiten wären sukzessive tiefere Einebnungsflächen entstanden. PENCK erkannte im bayrischen Alpenvorland vier solche Einebnungsflächen und schloss daraus auf die vier nach bayrischen Flüsschen benannten, später «klassisch» gewordenen Kaltzeiten Günz-, Mindel-, Riss- und Würmeiszeit. In der Folge wurden auch die hochgelegenen nord- und ostschweizerischen Schotter in zahlreichen Studien auf ihre Zugehörigkeit zu den PENCK'schen Einebnungsflächen untersucht (HUG, 1907; FREI, 1912; WEBER, 1934; SCHLÜCHTER, 1988; GRAF, 1993,



Abb. 6. Das Schloss Schwandegg bei Waltalingen steht auf einem von SE (links) «aus dem Nichts» auftauchenden Moränensporn. Es handelt sich um die Endaufschüttung einer Mittelmoräne auf der Stammheimer Zunge des Thur-/Rhein-Gletschers. Photo Januar 2003. Vgl. Abb. 5.

Fig. 6. The castle of Schwandegg near Waltalingen is built on a morainic spur emerging from SE «out of the void». It is the terminal sediment of a medial moraine upon the Stammheim tongue of the Thur/Rhine-glacier. Cf. fig. 5.

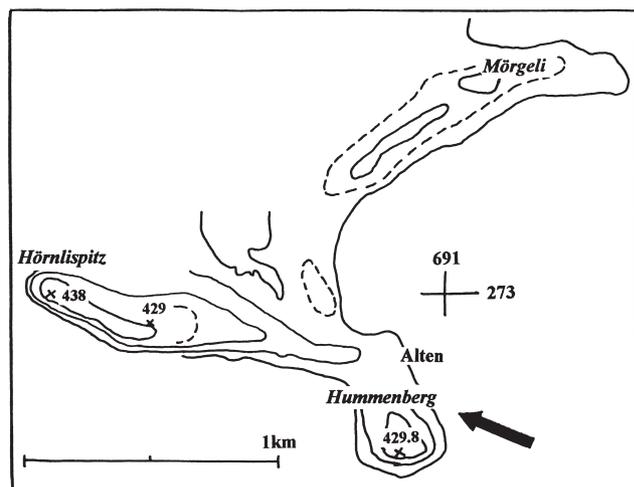


Abb. 7. Im Hummenberg W Andelfingen gibt sich eine terminale Mittelmoränen-Aufschüttung des Thur-/Rhein-Gletschers zu erkennen. Sie setzt sich \pm symmetrisch in zwei Stirnmoränenwällen fort (LK 1052 Andelfingen).

Fig. 7. The Hummenberg represents a terminal medial moraine structure of the Thur/Rhine-glacier. It is prolonged \pm symmetrically in two branches of terminal moraines.

u. a.). In Anlehnung an die süddeutschen Verhältnisse wurden auch für die Schweiz im Wesentlichen fünf Schotterniveaus unterschieden: Höhere und Tiefere Deckenschotter (Günz- bzw. Mindelzeit), Hoch- und Mittelterrasse (Risseiszeit), Niederterrasse (Würmeiszeit).

Ein konsequentes Durchdenken des «Mittelmoränen-Modells» verlangt seine Anwendung auch auf die älteren Schotter und Moränen jeder Höhenlage. Obschon die präwürmzeitlichen Bildungen von epigenetischen Veränderungen vor allem randlich naturgemäss weit mehr betroffen sind als die Würm-Strukturen, zeigen sie doch mit ihren Oberflächenformen mancherorts noch heute den Charakter von Mittelmoränen-Bildungen. An einigen Orten sind, obwohl abgeflacht, noch «Mittelquappen»-Einzelstrukturen zu erkennen (Abb. 8). Typisch für longitudinale Aufschüttungen von Mittelmoränensträngen sind die häufigen, nicht erosionsbedingten Querunterteilungen. Die sedimentologischen Eigenschaften der Deckenschotter stehen unseres Erachtens nirgends im Widerspruch zum Mittelmoränen-Konzept: Mittelmoränen führen Schutt jeder Korngrösse, aus dem Quartärsedimente jeder Art hervorgehen können.

Die Argumente für eine Neuinterpretation der Deckenschotter im Sinne des «Mittelmoränen-Modells» seien kurz zusammengefasst:

- Das Vorkommen in allen Höhenlagen von ca. 440 bis 690 m ohne klare Unterscheidungsmöglichkeit zwischen Höheren und Tieferen Deckenschottern (GRAF und andere führten zusätzlich Mittlere Deckenschotter ein). Durch die Unmöglichkeit, die Deckenschotter zwei (oder mehr) klar unterscheidbaren Niveaus zuzuordnen, waren schon PENCK und BRÜCKNER (1909, p. 404 f.) verunsichert.
- Isoliert an Hängen auftretende Komplexe.

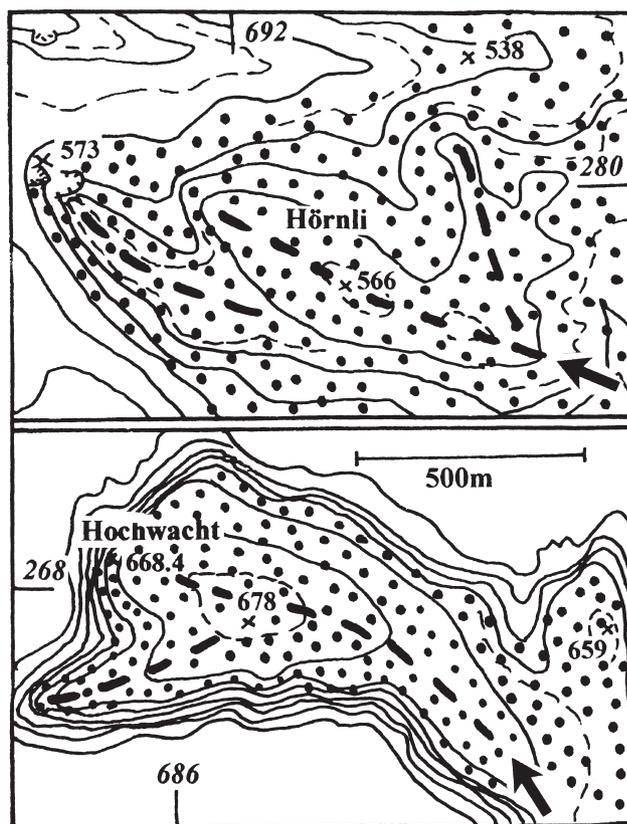


Abb. 8. Zwei Beispiele von Deckenschotter-Oberflächenformen, die noch den Charakter von Mittelmoränen-Endaufschüttungen erkennen lassen. Oben: Waldgebiet Hörnli auf dem Cholfirst (LK 1032 Diessenhofen). Unten: Irchel-Hochwacht (LK 1051 Eglisau).

Fig. 8. Two examples of Deckenschotter-surface structures still showing the character of medial moraine-«terminals». Above: The woody region of Hörnli on the Cholfirst. Beneath: Irchel-Hochwacht.

- Das oft ausgeprägte Relief der Auflagerungsflächen.
- Ein Oberflächenrelief, welches oft Achsenrichtungen erkennen lässt mit in der Fliessrichtung ansteigenden Spornen und nach vorn gestreckten «Fingern».
- Die von den Bearbeitern immer wieder betonte Eisrandnähe.
- Das oft \pm chaotische Auftreten von geschichtetem und ungeschichtetem Material jeder Korngrösse mit eingelagerten Blöcken.
- Die stark wechselnde Einregelung der Gerölle innerhalb eines Komplexes.
- Die Existenz von Reihen in Fliessrichtung hintereinander liegender Schotterkörper mit ähnlichen Geröllspektren einerseits, die oft grossen Unterschiede im Geröllspektrum benachbarter Aufschlüsse andererseits.
- Eine Mächtigkeit, welche nach GRAF bis 70 m erreichen kann.
- Das Fehlen von Deckenschottern auf Erhebungen, wo sie bei weitflächiger Schüttung auch zu erwarten wären.

5.2 Beispiele von Mittelmoränen früherer Eiszeiten im Areal des Reussgletschers

Atlasblatt 50 und LK 1090 Wohlen

In der axialen Fortsetzung des mächtigen, in Abschnitt 2 beschriebenen Knonauer Mittelmoränenstrangs des Reussgletschers findet sich im Aargau der vom Mutschellen zum Heitersberg ansteigende Quartärsporn, der bei Hasenberg auf 650 m Höhe von S «aus dem Nichts» ansetzt (Abb. 1). Es ist der Ort, wo diese Mittelmoräne in früheren grossen Kaltzeiten auf hohen Felsgrund aufgefahren ist. Die bis 100 m mächtigen Moränen und Schotter des Heitersbergs sind bei JÄCKLI (1966) und HANTKE (1967) als von Riss-Moräne bedeckte Höhere Deckenschotter kartiert. Das erratische Material zeigt grösstenteils die Zugehörigkeit zum Reuss-Komplex. Die genaue zeitliche Zuordnung ist für unsere Problematik unwesentlich. Wichtig ist aber die Feststellung, dass altes auf noch älterem Mittelmoränenmaterial liegt. Das bedeutet, dass als Zubringer für die gesamten Moränen- und Schottermassen des Heitersbergs in beliebig vielen Kaltzeiten derselbe Mittelmoränenstrang in Frage kommt. Der im W noch intakte Höhenzug (seine Ostseite ist durch Sackungen zerrissen) gibt seinen Charakter nicht nur durch den nach rückwärts ins Leere streichenden Sporn von Hasenberg, sondern auch durch die für Stirnseiten grosser Mittelmoränen typischen vorgestreckten «Finger» an seiner Nordabdachung bei Sennhof-Heitersberg zu erkennen. Die enormen, im Heitersberg vereinigten eiszeitlichen Schuttmassen nach bisheriger Doktrin auf Grundmoräne zurückzuführen, erscheint kaum denkbar.

5.3 Beispiele von Mittelmoränen früherer Eiszeiten im Glattal-Arm des Linthgletschers

5.3.1 Der Hauptstrang des Glatttals

LK 1051 Eglisau

Der unter 3.1 beschriebene breite Hauptstrang des Glatttals ist im Würm-Höchststadium im Gebiet S von Glattfelden auf schon vorhandene Mittelmoränenbildungen der «Risseiszeit» aufgefahren (Abb. 4). Diese bilden die Wälle und Schotter der NW-Abdachung des Strassbergs bis Chatzenstig. Nördlich der Glatt ordnen sich die auf 460–540 m Höhe liegenden Deckenschotter des Laubbergs genau in die Achse des grossen Mittelmoränenstrangs. Die Annahme liegt nahe, dass dieser in einer früheren Eiszeit auf einen Molassehorst auffuhr, welcher damals ausgedehnter war als heute: Seine Steilhänge entstanden durch *seitliche* Gletschererosion, eine Erscheinung, die an vielen Molassehügeln des Mittellandes

zu beobachten ist. Der Gletscher floss schon damals in der heutigen, voreiszeitlich angelegten Talung.

5.3.2 Weitere Mittelmoränen früherer Eiszeiten im Areal des Linthgletschers

LK 1071 Bülach, 1051 Eglisau

Die ausgedehnten Vorkommen älterer Schotter (Riss- und Deckenschotter) und Moränen auf dem Stadler Berg und auf dem Molassehorst von Stein E von Weiach wie diejenigen auf dem Molasseplateau N des Wehntals sind vermutlich der unter 3.2 beschriebenen westlichen Mittelmoräne der Glatt-Talung zuzuschreiben. Auch bei diesen Strukturen sind an mehreren Orten Merkmale von Mittelmoränen-Endaufschüttungen zu erkennen, am besten beim Waldhügel Alte Platte P. 670 (Koord. 673,5 / 262,7) N von Oberweningen: Er zeigt einen aus der Fliessrichtung des Wehntaler Eislappens ansteigenden, rückwärts ins Leere streichenden, gerundeten Sporn und in der Fliessrichtung frontal vorgestreckte «Finger».

5.4 Beispiele von Mittelmoränen früherer Eiszeiten im Areal des Thur-/Rhein-Gletschers

5.4.1 Cholfirst

Atlasblatt 38 und LK 1032 Diessenhofen

Die alten Schotter (Riss- und Deckenschotter) des Cholfirst liegen in der Verlängerung der unter 4.1 beschriebenen Mittelmoräne von Guntalingen – Waltalingen (Abb. 1). Die stark strukturierte Oberfläche lässt an mehreren Orten noch die Formen abgeflachter Mittelmoränen erkennen, so z. B. im Gebiet des Hörnli (Abb. 8).

5.4.2 Irchel

LK 1051 Eglisau

Die besonders alten Höheren Deckenschotter des Irchels (BOLLIGER et al., 1996, stellten anhand von Kleinsäuger-Fossilien pliozänes Alter fest) ordnen sich in die Verlängerung des unter 4.3 beschriebenen Mittelmoränengebietes von Frauenfeld–Rickenbach. Auch die Oberfläche des Irchels hat nicht den Charakter einer einheitlichen Decke, sondern den eines mächtigen, durch seitliche Erosion verschmälerten Mittelmoränenstranges (Abb. 8).

5.4.3 Stammerberg

Atlasblatt 38 und LK 1032 Diessenhofen

Die Deckenschotter des Stammerbergs gehören zu einem 10 km langen, grösstenteils im Kanton Thurgau liegenden Komplex, der im Hörnliwald NE Hüttwilen einsetzt und sich

über Heerenberg und Schomet bis in den Stammerberg erstreckt. Er kann vielleicht dem Nordost desselben Mittelmoränen-Stranges zugeordnet werden, der (in einer andern Kaltzeit?) die Moränen und Schotter des Cholfirst geliefert hat (Abb. 1).

5.5 Schlussbemerkungen

Die morphologischen und sedimentologischen Merkmale der Deckenschotter wie auch der andern älteren Moränen und Schotter lassen sich widerspruchsfrei mit dem «Mittelmoränen-Modell» erklären. Zubringer aus den alpinen Herkunftsgebieten waren nicht Grund-, sondern Obermoränen. Lokales Transportagens bei der Entstehung der hochgelegenen Schotter waren nicht aus Gletschertoren austretende Abflüsse, sondern von der Gletscheroberfläche abfließende Schmelzwässer und vielleicht in erster Linie Hochflutereignisse bei Unwettern, die das durch keinerlei Vegetation gehaltene, *auf* dem Eis liegende Lockermaterial mitrissen. Diese Interpretation deckt sich mit derjenigen von HANTKE (1962), der die randglaziäre Natur der Deckenschotter betonte, und insbesondere auch mit derjenigen von ESCHER VON DER LINTH, der 1869 als erster das quartäre Alter des «Konglomerates auf der Utokuppe» nachgewiesen hatte: Er beschrieb dieses als «seitliche Abschwemmung von den pleistozänen Gletschern» (GRAF, 1993, p. 4). Die Gletscherkörper lagen nach dem «Mittelmoränen-Modell» schon in den ersten Eiszeiten in den vorgegebenen Tälern und nicht auf einer hochgelegenen Molassetafel. Das Bild der vielen Einebnungsflächen und Terrassen, das sich schon manchen Zweifel und Widerspruch gefallen lassen musste (am entschiedensten von GERBER, 1959, p. 515: «... lässt das ganze «Terrassenkartenhaus» in sich zusammenfallen.») vereinfacht sich radikal. Auch die Annahme schwer definierbarer tektonischer Bewegungen während des Pleistozäns, wie sie wegen der Schwierigkeiten mit den verschiedenen Schotterniveaus postuliert wurden (u. a. PENCK und BRÜCKNER, 1909, p. 122; SCHLÜCHTER, 1981, p. 64; GRAF, 1993, p. 100), wird überflüssig.

Sowohl bei den Deckenschottern wie bei den Drumlins ermöglicht also die Anwendung des einfachen Paradigmas Mittelmoräne, das von BALTZER (1896, p. 72ff.) und HEIM (1919, p. 262) erkannt, aber später vergessen wurde, das Verständnis vieler bisher schwer einzuordnender glazialmorphologischer Erscheinungen. Vor allem wird die nie schlüssig bewiesene Annahme des Transports enormer Schuttmassen am Grunde der Gletscher selbst über grosse Hindernisse überflüssig. Es ist ein bewährtes Prinzip der Logik, «Ockhams*) Rasiermesser» genannt, dass es «unnützlich ist, etwas mit mehr zu tun, das auch mit weniger getan werden kann» (RUSSELL, 1979, p. 481). Auf die Wissenschaft angewendet, heisst dies: dass man keine Hilfhypothesen bemühen soll, wenn sich eine Erscheinung ohne solche erklären lässt.

Aus dem «Mittelmoränen-Modell» sind – leider – keine neuen chronologischen Informationen abzuleiten; es nimmt den vielen existierenden sedimentologischen und chrono-stratigraphischen

Untersuchungen nichts von ihrem Wert. Aber bei theoretischen Interpretationen wie auch bei Kartierungen sollten künftig die Mittelmoränen nicht mehr ausser Betracht gelassen werden. Der neue Ansatz muss vielmehr mit allen Konsequenzen durchdacht und durch gezielte Untersuchungen auf seine Richtigkeit geprüft werden. Wenn er sich als stichhaltig erweist, so ergibt sich zwangsläufig, dass einige quartärmorphologische Vorstellungen grundsätzlicher Korrekturen bedürfen.

6 KORREKTUREN ZUM 1. TEIL (WAGNER, 2002)

1. In der Legende zu Abb. 3 ist die Erklärung der Zahlen 21–23 unterblieben. Es muss heissen: 21: Albishorn, 22: Schnabel, 23: Uetliberg.

2. In Abb. 6 sollte die Moränenachse E von Ebertswil nicht über die Punkte 679 und 655, sondern ca. 200 m weiter südwestlich parallel dazu am Hang eingetragen sein. Sie verläuft über die zwischen Ebertswil und P. 679 eingezeichnete aufgelassene Kiesgrube. Der Kamm mit P. 679 und P. 655 besteht aus Molasse. Der Fehler wurde aus der Geologischen Karte des Kantons Zürich (HANTKE, 1967) übernommen. An der Interpretation der in Abb. 6 dargestellten Moränenlandschaft ändert sich damit nichts.

3. Seite 154, Spalte 2, Zeile 10: Der aus Heim (1919, p. 262) zitierte Begriff heisst **Obermoränendrumlin** und nicht Oberflächen-drumlin.

7 DANK

Der Verfasser dankt Frau B. Vallin von der Geologischen Landesaufnahme für die stets freundliche Suche und Bereitstellung von Literatur, Herrn Prof. R. Hantke für zahlreiche wertvolle Hinweise, für Begleitungen im Gelände und für die kritische Durchsicht des Manuskripts. Den Redaktoren, Herrn Prof. C. Burga, Prof. F. Klötzli und Frau M. Gloor, gebührt Dank dafür, dass sie die vorliegende Arbeit trotz ihrem unorthodoxen Charakter in die Vierteljahrschrift aufgenommen haben.

8 LITERATUR

AGASSIZ, L. 1840. Etudes sur les glaciers. – Neuchâtel. Reprinted for Dawsons of Pall Mall 1966.

BALTZER, A. 1896. Der diluviale Aargletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern mit Berücksichtigung des Rhonegletschers. – Beitr. geol. Karte Schweiz 30. 169 S.

BODENBURG-HELLMUND, H.W. 1909. Die Drumlinlandschaft zwischen Pfäffiker und Greifensee. – Vjschr. Naturf. Ges. Zürich 54.

BOLLIGER, TH., FEJFAR, O., GRAF, H. & KÄLIN, D. 1996. Vorläufige Mitteilung über Funde von pliozänen Kleinsäugetern aus den Höheren Deckenschottern des Irehels (Kt. Zürich). – Eclogae geol. Helv. 89 (3), 1043–1048.

*) Wilhelm von Ockham (Occam) † um 1350 in München

- ESCHER VON DER LINTH, A. 1869. Über das quartäre Konglomerat der Utokuppe. – Vjschr. naturf. Ges. Zürich, 14.
- FREI, R. 1912. Zur Kenntnis des ostschweizerischen Deckenschotter. – Eclogae geol. Helv. 6, 814–825.
- FRÜH, J. 1894–95. Die Drumlins-Landschaft, mit spezieller Berücksichtigung des alpinen Vorlandes. – Ber. St. Gall. naturw. Ges. 1894–95, 325–396.
- GEIGER, E. 1943. Pfyn - Märstetten - Frauenfeld - Bussnang, SA 56-59 (LK 1053 Frauenfeld). Blatt 16 Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000. Mit Erläuterungen. – Schweiz. Geol. Komm.
- GERBER, ED. (Schinznach) 1959. Zur Rekonstruktion alter Talböden. – Eclogae geol. Helv. 52 (2), 511–518.
- GRAF, H.R. 1993. Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. – Diss. ETH Nr. 10205, 171 pp.
- GRAF, H.R. & MÜLLER, B. 1999. Das Quartär: Die Epoche der Eiszeiten. In: «Geologie des Kantons Zürich», BOLLIGER, TH. (Ed.), pp. 71–95. – Ott, Thun, 163 pp.
- HALDIMANN, P.A. 1978. Quartärgeologische Entwicklung des mittleren Glattals. – Eclogae geol. Helv. 71 (2), 347–355.
- HANTKE, R. 1962. Zur Altersfrage des höheren und tieferen Deckenschotter in der Nordschweiz. – Vjschr. naturf. Ges. Zürich 107 (4), 221–232.
- HANTKE, R. 1967. Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete. – Vjschr. naturf. Ges. Zürich 112 (2).
- HANTKE, R. & WAGNER, G. 2003. Eiszeitliche Mittelmoränen und Deckenschotter im Thurgau. – Mitt. thurg. naturf. Ges. 59, in Druck.
- HEIM, A. 1919. Geologie der Schweiz, Bd. 1. – Leipzig, 704 pp.
- HOFMANN, F. 1967. Andelfingen (LK 1052). Blatt 52 Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000. Mit Erläuterungen. – Schweiz. Geol. Komm.
- HÜBSCHER, J. 1961. Diessenhofen (LK 1032). Blatt 38 Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000. Erläuterungen von F. HOFMANN & R. HANTKE, 1964. – Schweiz. Geol. Komm.
- HUG, J. 1903. Die Drumlinlandschaft der Umgebung von Andelfingen. Spezialkarte 1 : 25 000 Nr. 34 Andelfingen. – Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 15.
- HUG, J. 1907. Geologie der nördlichen Teile des Kantons Zürich und der angrenzenden Landschaften. – Beitr. geol. Karte Schweiz, N.F. 15.
- JÄCKLI, H. 1966. Wohlen (LK 1090). Blatt 50 Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000. Mit Erläuterungen. – Schweiz. Geol. Komm.
- JEGGE, B. 2001. Drumlins-Kompassnadeln im Kraftfeld des Gletscherstroms. In: «Eine Landschaft und ihr Leben: das Zürcher Oberland», NIEVERGELT, B. & WILDERMUTH, H. (Ed.), pp. 36–39. – vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. 1980. Die letzte Vorlandvereisung in der Nordostschweiz und im Bodensee-Raum (Stadialer Komplex Würm - Stein am Rhein). – Eclogae geol. Helv. 73 (3), 823–838.
- MAISCH, M. 2001. Verständnis der Landschaftsindividualität aus der regionalen Naturgeschichte. In: «Eine Landschaft und ihr Leben: das Zürcher Oberland», NIEVERGELT, B. & WILDERMUTH, H. (Ed.), pp. 13–64. – vdf Hochschulverlag AG, ETH Zürich.
- MAISCH, M. & BOLLIGER, TH. 2002. Geographielehrpfad am Bachtel. – Verkehrsverein Hinwil, 32 pp.
- PENCK, A. 1882. Die Vergletscherung der deutschen Alpen. – Tauchnitz, Leipzig, 484 pp.
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. 1909. Die Alpen im Eiszeitalter. – Tauchnitz, Leipzig, 1200 pp.
- RUSSELL, B. 1979. Philosophie des Abendlandes. – Ex Libris Zürich, 886 pp.
- SCHLÜCHTER, CH. 1981. Remarks on the Pleistocene morphogenetic evolution of the Swiss Plain. – Z. Geomorph. N. F. Suppl.-Bd. 40, 61–66.
- SCHLÜCHTER, CH. 1988. Ein eiszeitgeologischer Überblick von Luzern zum Rhein – unter besonderer Berücksichtigung der Deckenschotter. – Eclogae geol. Helv. 81 (1), 249–258.
- SUTER, H. 1959. Beitrag zur Diluvialgeologie des Knonauer Amtes. – Eclogae geol. Helv. 52 (2), 499–509.
- WAGNER, G. 2001. Mittelmoränen eiszeitlicher Alpengletscher in der Schweiz. – Eclogae geol. Helv. 94 (2), 221–235.
- WAGNER, G. 2002. Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich, Erster Teil: Gebiet des Linthgletschers in der Zürichsee-Talung und im Knonauer Amt. – Vjschr. naturf. Ges. Zürich 147 (4), 151–163.
- WEBER, A. 1934. Zur Glazialgeologie des Glattals. – Eclogae geol. Helv. 27 (1), 33–43.
- WEBER, J. 1902. Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffikersees. – Mitt. naturw. Ges. Winterthur 3, 142–176.
- WILDERMUTH, H., HANTKE, R. & BURNAND, J. 1982. Die Drumlinlandschaft des Zürcher Oberlandes. – Vjschr. naturf. Ges. Zürich 127 (1), 19–28.
- WYSSLING, L. & WYSSLING, G. 1978. Interglaziale See-Ablagerungen in einer Bohrung bei Uster. – Eclogae geol. Helv. 71 (2), 357–375.
- ZINGG, TH. 1934. Mönchaltorf, Hinwil, Wädenswil, Rapperswil, SA 226–229 (LK 1112 Stäfa). Blatt 7 Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000. Mit Erläuterungen. – Schweiz. Geol. Komm.