

Eiszeitliche Mittelmoränen

Ein vergessenes Paradigma der alpinen Quartärmorphologie

von

Gerhart Wagner, Stettlen/Bern

mit 11 Figuren

(aus Zeitschrift für Geomorphologie 47/3 [2003] 373-392)

Zusammenfassung

An Beispielen aus der Schweiz, Süddeutschland und Norditalien wird gezeigt, dass eiszeitliche Mittelmoränen bei der Morphogenese inner- und ausseralpiner Quartärlandschaften eine bedeutende Rolle gespielt haben. Längswälle gegen das Gletscherzungenende, kurze Lateralwälle, vor allem aber zahlreiche bisher als Drumlins oder Drumlinlandschaften klassierte Bildungen werden auf Mittelmoränen zurückgeführt. Aufeinanderfolgende Gletscherstände geben sich durch lineare Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen zu erkennen. Teilweise wurde das Mittelmoränen-Material durch Schmelz- und Meteorwasser in eisrandnahe Schotter umgelagert. Selbst hochgelegene Schotter wie die 'Hochterrassen-', 'Höhen-' und 'Deckenschotter' können auf Mittelmoränen zurückgeführt werden, die auf erhöhtem Grundrelief (z.B. Nunataks) ausmündeten und teilweise oder ganz verschwemmt wurden. Die Höhenlage von Schottern kann demzufolge kein Kriterium für ihr Alter sein.

Summary: Pleistocene medial moraines. A forgotten paradigm of alpine Quaternary geomorphology. Examples from Switzerland, southern Germany and northern Italy are used to illustrate that Pleistocene medial moraines played a major role in the morphogenesis of intra- and extraalpine Quaternary landscapes. Longitudinal walls at the end of glacier lobes, short lateral walls, and especially numerous landforms hitherto classified as drumlins or drumlin landscapes are considered to be medial moraines. Successive stadials of a melting glacier can be discerned by linear series of terminal accumulations by medial moraines. Gravel at or near the glacier were formed by melt- and rainwater transported medial-moraine detritus. Even occurrences of gravel at elevated sites such as 'Hochterrassenschotter' and 'Deckenschotter' in Switzerland and southern Germany may be attributed to partly or completely washed out medial moraines ending on high ground (e.g. nunataks). Therefore the elevation of a gravel cannot serve as an indication for its age.

Résumé: Moraines médianes de l'époque glaciaire: Un paradigme oublié de la géomorphologie alpine du quaternaire. Utilisant des exemples en Suisse, en Allemagne du Sud et en Italie du Nord, l'auteur démontre que les moraines médianes ont joué, pendant l'époque glaciaire, un rôle important pour la morphogénèse des paysages morainiques extra- et intra-alpins d'aujourd'hui. Beaucoup de vallums longitudinaux-terminaux, des vallums latéraux courts et surtout bien des structures considérées jusqu'à présent comme drumlins sont déclarées être des formations de *moraines médianes*. Les stades successifs d'un glacier sont marqués par des séries linéaires de structures formées par une moraine médiane. Le matériel morainique a toujours été emporté partiellement par l'eau de fonte et de pluie, puis sédimenté à proximité de la glace sous forme de graviers. Même les graviers dans des niveaux élevés comme les 'Hochterrassen-', les 'Höhen-' et les 'Deckenschotter' peuvent être attribués à des moraines médianes débouchant sur un terrain surélevé, p.ex. sur un nunatak, et dont les débris ont été dispersés par l'eau. En conséquence, l'élévation du niveau occupé par des moraines ou des dépôts fluvio-glaciaires ne peut pas servir de critère pour déterminer leur âge.

1. Einleitung

Die geomorphologische Bedeutung eiszeitlicher Mittelmoränen im Alpenvorland ist bisher unterschätzt worden. PENCK & BRÜCKNER 1909 vertraten die Auffassung, dass der Schutttransport nicht nur bei arktischen, sondern auch bei alpinen Gletschern im Wesentlichen am Grunde und nicht an der Oberfläche erfolgt. Dem Oberflächentransport billigten sie nur eine ganz untergeordnete Rolle zu.

Mittelmoränen gehören zu den charakteristischen Eigenschaften vieler heutiger Alpengletscher (Fig. 1). Noch in den Maximalstadien der Eiszeiten überragten die Hochalpenketten der Zentralalpen die Firngebiete um mehr als 1000 m und lieferten reichlich Oberflächenschutt. Aus dem Randschutt wurde beim Zusammenfluss von je zwei Gletschern eine Mittelmoräne. Da sich im Alpeninnern die Gletscher aus allen Tälern eines Einzugsgebietes zu einem einzigen Eisstrom vereinten, wurden praktisch alle ursprünglichen Seitenmoränen zu Mittelmoränen und diese damit zum Hauptprinzip des Transportes von Oberflächenschutt. Diese zeigen, wie an vielen heutigen alpinen Gletschern beobachtet werden kann, eine erstaunliche Persistenz sogar über spaltenreiche Strecken. Der Anteil des durch Spalten auf den Grund gelangenden Schutts ist gering. Dagegen wird ins Innere des Eises geratener Schutt durch eindringendes und gefrierendes Wasser sowie durch Ablation an die Oberfläche zurück befördert. Das Innere des Eises bleibt praktisch frei von Schutt (AGASSIZ 1840: 104: „Le glacier ne souffre aucun corps étranger dans son intérieur“).

Zwei oder mehr Mittelmoränen können zusammenfließen und einen breiten Schuttstrang bilden. Durch die Vereinigung von Strängen kann es zur ± vollständigen Bedeckung der Gletscherzunge kommen ('debris-mantled glacier', BENN & EVANS 1998: 228). Dies ist heute in den Schweizer Alpen z.B. der Fall bei Oberaletsch-, Fiescher- und Zmuttgletscher, Glacier de Zinal, Glacier de Tsijiore Nouve.

Wo eine Mittelmoräne oder ein zusammengesetzter Strang den Eisrand erreicht, sei es terminal oder lateral an der Gletscherzunge, entstehen charakteristische Aufschüttungen, sooft die Eisrandlage über längere Zeit stationär bleibt (in 'Stadien'). Aufeinander folgende Stadien werden durch Serien von solchen markiert. Stränge und 'debris mantled glaciers' hinterlassen typische Buckelmoränen-Landschaften ('Hummocky moraines', BENN & EVANS 1998: 481). Diese Bildungen wurden bisher grösstenteils als Drumlins oder 'drumlinähnliche Formen' kartiert, wobei aber z.B. in den Erläuterungen zu den Kartenblättern des Geologischen Atlas der Schweiz 1 : 25 000 oft eine grosse Unsicherheit der Interpretation offenkundig ist. WAGNER (2001b) hat auf die Drumlin-Definition von HEIM (1919: 262) hingewiesen, in der erstaunlicherweise auch eine Variante 'Oberflächendrumlin' zugelassen und wie folgt umschrieben wird: „... meistens deponierte lokale Anhäufungen von *Mittelmoränen* (manchmal transportierte Bergstürze).“

Unter Einbezug des auch von HEIM (1919) anvisierten Paradigmas Mittelmoräne unterscheidet WAGNER (2001c: 227) die folgenden drei Typen von 'buckligen Moränen':

- Echte Drumlins: Hügel aus primär subglaziärem Material,
- 'Hummocks' ('Buckelmoränen'): Hügel aus Obermoränenmaterial,
- 'Pseudodrumlins': Hummocks, welche nachträglich vom Eis überfahren und ±umgeformt ('überprägt') wurden. Diese Überprägung sollte nicht als 'Drumlinisierung' bezeichnet werden, da die Hügelform vorgegeben war.

Eine kritische Analyse der Verwendung des Drumlinbegriffs im bisher erschienenen 'Geologischen Atlas der Schweiz' 1 : 25 000 findet sich bei WAGNER (2001b). Im schweizerischen Alpenvorland sind 'Hummocks' und 'Pseudodrumlins' sehr häufig, echte Drumlins dagegen eher selten. (WAGNER 1986, 1997, 2001a, 2001c).

Ziel dieses Beitrags ist es, das bisher unterschätzte Thema Mittelmoränen in die quartärmorphologischen Diskussionen einzubringen. Es geschieht anhand von bisher nicht

oder nur andeutungsweise publizieren Beispielen. Aus Platzgründen wird eine vereinfachend-typisierender Form der Präsentation gewählt.

2. Beispiele von eiszeitlichen Mittelmoränenbildungen

Es werden drei morphologische Gruppen von Strukturen unterschieden, die allerdings vielfach ineinander übergehen:

- Einzelstrukturen: typische Aufschüttungen einer einfachen Mittelmoräne in einem Stadium;
- Serien: Linear hintereinander liegende Aufschüttungen einer Mittelmoräne in zwei oder mehr aufeinanderfolgenden Stadien;
- Mittelmoränen-Landschaften: Flächenhaft ausgedehnte Aufschüttungen von Mittelmoränen-Strängen oder von vollständig schuttbedeckten Gletscherzungen.

2.1. Einzelstrukturen

Der morphologische Grundtypus einer einfachen Mittelmoränen-Endaufschüttung wurde von WAGNER (1997: 101f.) diskutiert und in seinen Hauptvariationen dargestellt:

- Typische Mittelmoränen-Endaufschüttungen sind nicht lange Wälle, sondern \pm bilateral-symmetrische, in sich geschlossene Hügel.
- Sie beginnen mit einem in der Fliessrichtung des Eises höher und breiter werdenden Sporn, der zu einem Kulminationspunkt ansteigt und frontal mit steiler Stirn abfällt. Der höchste Punkt liegt damit meist im Stirnteil. Sie zeigen also eine Tropfenform in der Fliessrichtung ('mit dem Eisfluss fallende Tropfen': grösste Höhe und Breite vorn).
- Oft weisen sie zwei oder mehr Kulminationspunkte auf, welche sich in längeren Wällen oder in kurzen, stummelartigen 'Fingern' fortsetzen können.
- Wenn keine solche Fortsetzung vorliegt, ist doch oft die Stirnseite konkav.
- In günstigen Fällen lässt sich aus den Gesteinsspektren links und rechts von der Symmetrieebene die verschiedene Herkunft des Gesteinsmaterials petrographisch nachweisen (WAGNER 1986: 82).

Beispiele von Einzelstrukturen

Farvagny (LK 1205 Rossens, [Fig. 2](#) und [3](#)): Im westschweizerischen Mittelland hinterliess der Rhonegletscher in seinen Rückzugsstadien ausgedehnte Moränenlandschaften mit vielen markanten Einzelstrukturen. Diese wurden von BIÉLER (1901) als Drumlins beschrieben. BERSIER (1942) führte sie restlos auf vorgegebene Strukturen des Molassereliefs zurück. Keine dieser Interpretationen vermag zu befriedigen. Es muss sich vielmehr um Aufschüttungen einer mächtigen, auf dem Rhonegletscher verlaufenden Mittelmoränenstränge handeln (vgl. WAGNER 2001c: 230). Zwei besonders typische 'Mittelquappen'¹⁾, im Gebiet von Farvagny - Vuisternens im Kanton Freiburg sind in [Fig. 3](#) abgebildet. Beide Strukturen zeigen einen in der Fliessrichtung zu einem oder zwei Kulminationspunkten ansteigenden Sporn. Der nördliche Hügel Le Saugy wurde mit einer Überhöhung von ca. 70 m auf \pm flachem Molasserelief aufgesetzt und erhielt eine annähernd symmetrische Grundform mit einem in Fliessrichtung vorgestreckten 'Finger'. Der südliche Hügel mit den Kulminationspunkten Le Montet, Le Chapy und Le Signal wurde dem Nordhang des Gibloux aufgesetzt und erfuhr dadurch eine stark asymmetrische Ausprägung: Sein südlicher Arm läuft am Hang des Gibloux aus, der nördliche setzt sich über einen guten Kilometer nach NE fort und endet in dem Hügel Le Signal.

Insel Reichenau (LK 1033 Steckborn, [Fig. 2](#) und [4](#)): Auf der Geologischen Karte des Landkreises Konstanz von ERB (1967) ist die Insel Reichenau kartiert als würmzeitliche „eisrandnah abgelagerte Schotter, mit Moränenmaterial wechselnd oder davon bedeckt“, die beiden höchsten, rund 40 m überhöhten Erhebungen Hochwacht 439 müM und Vögelsberg als Drumlins in Grundmoräne. Die Morphologie der Insel zeigt alle Merkmale einer grossen Mittelmoränen-Endaufschüttung: In Fliessrichtung ansteigende 'Sporne', zwei

Kulminationspunkte, eine (doppelt) konkave Stirnseite mit in Fliessrichtung vorgestreckten 'Fingern'. Auch der angegebene sedimentologische Inhalt passt genau für Mittelmoränenbildungen, die nachträglich noch vom Gletscher überfahren wurden. Die Morphologie lässt vermuten, dass es sich um einen Strang handelt, der aus mindestens zwei vereinten Mittelmoränen besteht. Eine südliche Achse findet ihre distale Fortsetzung bei Horn - Egg, eine nördliche (beide ausserhalb von [Fig. 4](#)) in Mettnau - Radolfzell und dem von dort gegen den Böhlinger See aufsteigenden Geländewulst.

Cima Pescia und Monte Arbostora SW Carona (Atlasblatt 1353 Lugano, [Fig. 2](#) und [5](#)): Dem vom Monte San Salvatore nach Morcote ziehenden alpinen Gebirgsrücken ist im Südteil oberhalb von etwa 700m eine eindrückliche, 2 km lange Moränenstruktur mit vielen Erratikern aufgesetzt. Sie bildet als höchste Kuppen die Cima Pescia 835.4 müM und den Monte Arbostora 822.3 müM. Hier ist eine Mittelmoräne auf das hohe Grundrelief aufgefahren. Ihre Achse streicht nach rückwärts in NE-Richtung ins Leere gegen den NE-Arm des Luganer Sees und bestätigt die bekannte Tatsache, dass es sich um eine Mittelmoräne im Ceresio-Arm des Addagletschers handelt (SALOMON 1912). Es dürfte sich um dieselbe Mittelmoräne handeln, welche in einem späteren Abschmelzstadium den Wall von Melide gebildet hat. Dieser zeigt auf dem Grund des Luganer Sees NE von Melide den für Mittelmoränen typischen, nach innen vorspringenden Sporn.

2.2. Serien von Mittelmoränen-Aufschüttungen

Als Serien werden Reihen von Aufschüttungen bezeichnet, die in aufeinanderfolgenden Stadien von einer und derselben Mittelmoräne hinterlassen wurden. Bei *terminal* endigenden Mittelmoränen auf einem Talboden kommen die Endaufschüttungen einer Serie \pm linear hintereinander zu liegen. Ihre Höhenlage (d.h. die Höhe des Grundes, auf den sie abgesetzt wurden) nimmt bei aufeinander folgenden Abschmelzstadien zu. Auf frontal ansteigendem Grund liegen die (verkürzten) Mittelmoränen-Endaufschüttungen ebenfalls linear hintereinander, ihre Höhenlage nimmt aber in der Reihenfolge ihrer Entstehung ab. Oft schliesst die Stirn einer Mittelmoränen-Endaufschüttung unmittelbar an den Sporn der früheren an, oder die Aufschüttungen sind sogar ineinander verschachtelt. Bei *lateral* ausufernden Mittelmoränen liegen die Einzelstrukturen einer Serie nicht linear, sondern gestaffelt hintereinander.

Bei Seiten- und Endmoränen führen aufeinanderfolgende Stadien eines sich zurückziehenden Gletschers zu wesentlich anderen Geometrien: bei Seitenmoränen entstehen \pm parallel verlaufende Wälle, wobei der einzelne Wall ein Gefälle in der Fliessrichtung zeigt, und der später entstandene Wall liegt tiefer als der frühere; bei Stirnmoränen werden \pm parallel verlaufende Querwälle aufgeworfen (vgl. die Typisierung bei WAGNER 1997: 122).

Beispiele von Seien

Serie Berg - Kapf südlich von Thayngen (Atlasblatt 1031 Diessenhofen, [Fig. 2](#) und [6](#)): Eine Mittelmoräne des Rheingletschers hat nach dem Würm- Höchststadium als markante Endaufschüttungen in aufeinander folgenden Abschmelzlagen die Hügel Berg, Kapf und Wolfenbuck südlich von Thayngen hinterlassen. Der 1600 m lange, 700 m breite und 70 m überhöhte Hügel Berg mit seinen zwei Gipfeln 533 müM und 528 müM und dem in Fliessrichtung steil ansteigenden Sporn ist für sich allein eine typische, auf erhöhtes Grundrelief aufgesetzte Einzelstruktur. Das jurassische Grundgestein ist in seinem Westteil an der Norflanke bis auf 490 m, an der Südflanke bis 470 m aufgeschlossen. Der Nordgipfel 533 müM besteht aus 'jüngerem Deckenschotter', der konventionellerweise der Mindeleizeit zugeordnet wird. Auf der Südseite seines Ostsporns sind unterhalb 500m Riss-Schotter kartiert. Die Koinzidenz von Mittelmoränenbildungen der Würmeizeit mit älteren Schottern ist auch in andern Gebieten auffällig, so z.B. auf dem Heerenberg nördlich von Hüttwilen

(Kt.Thurgau, vgl. HANTKE & WAGNER 2003). Dies erklärt sich zwanglos aus der Tatsache, dass in allen Eiszeiten dieselben Mittelmoränen entstanden und - bei im Wesentlichen gleichbleibendem Grundrelief auch im Alpenvorland - auch einen ähnlichen Verlauf nahmen. Sie waren schon in den ältesten Eiszeiten die Zubringer von Schuttgut, aus dem in ihren Mündungsgebieten auf beliebiger Höhe eissrandnahe Schotter entstanden.

Das auf deutschem Gebiet in axialer Richtung anschliessende Waldhügelgebiet von Kapf und ist eine etwas kleinere, ebenfalls zweigipflige Mittelmoränenbildung. Südöstlich Ausserhalb von [Fig. 6](#) findet sich in axialer Forsetzung der Serie eine kleinere dritte 'Mittelquappe' im Kropenbuck bei Randegg.

Collina d'Oro - Sorengo - Massagno - Porza (Atlasblatt 1353 Lugano und 1333 Tesserete, [Fig. 2](#) und [7](#)): Auf der Collina d'Oro liegt zwischen Agra und Montagnola ein 3 km langer Moränenwall, der von 534 müM im N zum Monte Croce 654.8 müM im S ansteigt. Felsuntergrund ist bei Agra bis 600 m, in der Westflanke bis über 620 m aufgeschlossen. Der Wall geht nach N in das Buckelmoränengebiet von Sorengo über, dem sich nördlich von Massagno ein weiterer, über 3 km langer, zweimal unterteilter Wall anschliesst. Dieser verläuft über die Höhen 439 müM und 442 müM und streicht südöstlich von Comano nach NNE ins Leere.

ANNAHEIM (1934) bezeichnet diesen zweitgenannten Wall samt dem Buckelmoränengebiet nördlich und südlich von Sorengo als 'längsten Moränenwall des Sottoceneri'. Er interpretiert ihn als 'Endmoräne von Lugano' und ordnet diese dem Addagletscher zu. Auf den bei Montagnola südwärts anschliessenden, zu M.Croce 654.8 müM ansteigenden Wall auf der Collina d'Oro geht er nicht ein. Nach unserer Auffassung muss dieser in die Gesamtinterpretation einbezogen werden. Mit seinem Gefälle entgegen der Fliessrichtung kann er nur als Mittelmoräne interpretiert werden, die auf dem Rücken der Collina d'Oro auf den ansteigenden Grund eines Nunatak aufgefahren und gestaut worden ist. In einem anschliessenden Abschmelzstadium bildete sie die Hummocky-Landschaft östlich des Lago die Muzzano. Noch später spiegeln die genannten, linear angeordneten Wälle nördlich von Massagno Oszillationen des Eisrandes im Stadium von Lugano. Das gesamte Moränensystem von Collina d'Oro bis Porza, das sich in fast gerader Linie über eine Gesamtdistanz von 8 km erstreckt, erklärt sich so als Aufschüttungsserie einer und derselben Mittelmoräne. Diese kann allerdings nicht dem Addagletscher zugeordnet werden, sondern nach der Streichrichtung einem Eisfluss aus der Richtung Val Colla und Val Capriasca. Die Begründung, die ANNAHEIM (1934: 467) für die Zuordnung zum Addagletscher gibt, erscheinen nicht als zwingend. Einzelne Erratiker aus dem Addagebiet (so ein Julier-Granit bei San Manigo) können auch nach unserer Interpretation in dieses Grenzgebiet zwischen Adda- und Ticino-Eis gelangt sein.

2.3. Mittelmoränen-Landschaften

Die ganz grossen Obermoränensysteme, bei denen zahlreiche Mittelmoränen bis zur vollständigen Schuttbedeckung der Gletscherzunge zusammenflossen ('debris mantled ice'), schütteten an ihrem Ende Schwärme von Moränenhügeln auf. BENNETT & GLASSER (1996: 234; Fig.9.13) wie auch BENN & EVANS (1998: 481ff.) bezeichnen solche Komplexe als 'hummocky moraine'. Sie verstehen darunter ein System von 'ablation moraines', also ein aus Oberflächenschutt entstandenes Moränensystem im Gegensatz zu den aus Grundmoräne gebildeten Drumlins. Charakteristisch für solche Landschaften sind viele unregelmässig verteilte Hügel, getrennt durch oft wasserführende Einsenkungen. Häufig treten in der Fliessrichtung Längsstrukturen und Serien von solchen auf, nicht selten auch klassische Einzelstrukturen, wie wir sie unter 2.1. beschrieben haben. Wegen ihrer Ähnlichkeit mit Drumlinlandschaften wurden sie bisher meist als solche angesehen. Die einzelnen Hügel sind aber meist höher und steiler als Drumlins und weisen im Gegensatz zu diesen oft einen kantigen 'Sporn' auf. Ein grosser Teil des Moränenmaterials liegt in und zwischen den

einzelnen 'hummocks' (mögliche deutsche Bezeichnung: 'Buckelmoränen') als fluvioglazialer Schotter, und im Vorfeld solcher Landschaften finden sich oft ausgedehnte Schotterfelder.

Im Folgenden werden einige Beispiele von grossflächigen Mittelmoränen-Aufschüttungen herausgegriffen.

Beispiele von Mittelmoränen-Landschaften

Buechberg (Atlasblatt 1133 Linthebene, [Fig. 2](#) und [8](#)): Dem Molasseriegel des Buechberges am Zürcher Obersee sind auf seiner Südabdachung zwischen dem Tuggenerkanal im E, Nuolen im Westen und der Autobahn im S auf einer Fläche von 7-8 km² grosse Massen quartären Schuttes aufgesetzt. Seine komplexe sedimentologische Zusammensetzung ist oft untersucht worden, aber in ihrer Genese noch kaum geklärt (HANTKE 1980: 133f.). Unter würmeiszeitlichen Moränen liegen u.a. verschiedenartige Schotter, Bändertone und Schieferkohlen. WELTEN (1988) stellte pollenanalytisch in Höhen zwischen 460 und 540 m in mehreren Bohrungen holsteinzeitliche Profile fest. Daraus muss geschlossen werden, dass der grösste Teil des gewaltigen Sedimentkörpers vor-holsteinzeitlich, das heisst, nach klassisch-alpiner Terminologie, mindestens mindelzeitlich ist.

Die glazial geprägte Landschaft ist heute durch weiträumige Kies- und Lehmausbeutungen stark verändert. Ihre Grundstruktur ist aber klar erkennbar. Von Mülihalden 410 m steigt ein W-E-orientierter Sporn aus der Linthebene empor. Bei Egg setzt auf auf 470 m ein weiterer markanter Sporn an, der zu 509 müM aufsteigt. Nach rückwärts streichen beide Sporne ins Leere.

Die Interpretation dieses gewaltigen Quartärkörpers als Produkt einer grossen Mittelmoräne, die als Fliessband in allen Kaltzeiten immer wieder auf den Buechberg auffuhr und auf verschiedenen Höhen ihren Schutt deponierte, drängt sich auf. Ein grosser Teil des Schuttes wurde verschwemmt. HANTKE (1980: 134) wies darauf hin, „dass in den Buechberg-Schottern kaum Überreste einer höheren, einst mit anderen zusammenhängenden Flur, sondern dass Eisrand-Ablagerungen vorliegen.“ HANTKE (1980) fehlte nur das Paradigma der Mittelmoräne.

Die differenzierte Kartierung zahlreicher Erratiker auf OCHSNERS Atlasblatt Linthebene lässt vermuten, dass es sich um die Mittelmoräne zwischen Linth- und Sernfgletscher handelt: Das erratische Material besteht fast ausschliesslich aus Verrukano, nur im östlichsten Teil ist ein Gneis kartiert.

Die tiefer gelegenen Schotter im Westteil des Komplexes wurden nach HANTKE (1980) teils durch den Wägitaler-Gletscher von S her, teils durch den Arm des Linthgletschers, der den Buechberg nördlich umfloss, von NW her geschüttet.

Eschner Berg FL (Atlasblatt 1115 Säntis, Geol.Karte des Fürstentums Liechtenstein, [Fig. 2](#) und [9](#)): Im Raume Eschen - Mauren findet sich auf liechtensteinischem Gebiet an der SE-Abdachung des Eschner Berges eine geschlossene Moränenlandschaft von 3-4 km² Fläche. Erst über 550 m tritt in ihrem mittleren und östlichen Teil das mesozoische Grundgebirge zutage. Eine geringere Moränenbedeckung liegt auch auf dem Hauptkamm und auf seiner NW-Abdachung. Es handelt sich offensichtlich um Endaufschüttungen eines auf die Kreidefelsen des Eschner Berges schief aufgelaufenen Mittelmoränenstranges des Rheingletschers mit mehrere Kammlinien. Er markiert mit den unterbrochenen Achsen seiner markantesten Aufschüttungen Oszillationen im Stadium von Koblach-Feldkirch, in welchem der Eschner Berg vom Rheingletscher zangenartig umklammert wurde, indem sein Hauptarm bis über Sennwald hinaus und ein Nebenarm bis Feldkirch reichte.

Die zwei grössten Strukturen sind die SW-NE-streichenden langgestreckten Hügel Judenbüchel und Bettlerbüchel. Mit je 800 m Länge und 50-60 m Überhöhung zeigen sie, wie auch viele der kleineren Bildungen, die typische Gestalt terminaler Mittelmoränen-Aufschüttungen auf ansteigendem Grund. Sie sind auf dem Atlasblatt Säntis als Rundhöcker, auf der Geologischen Karte von Liechtenstein als Drumlins kartiert. In den Erläuterungen

zum Atlasblatt Säntis von FUNK et al. 2000 wird erstmals auf die Mittelmoränen-Natur dieser Bildungen hingewiesen.

Gebiet nördlich von Friedrichshafen: Die zahlreichen ausgedehnten Moränenlandschaften im benachbarten süddeutschen Raum, die bisher als Drumlinfelder beschrieben wurden (SCHWERD 1986, HABBE 1988, ELLWANGER 1990 u.a.), verdanken ihre Entstehung unseres Erachtens mächtigen Mittelmoränensträngen. Die Hügel sind sedimentologisch und morphologisch sehr verschiedenartig. SCHWERD (1956: 56f.) erwähnt unter den in Frage kommenden Sedimenten auch Ablationsmoräne und Eisrandschotter, also für Mittelmoränen typische Bildungen, und er weist darauf hin, dass die Unterscheidung zwischen Moränenwällen und untypischen Drumlins oft problematisch ist. Morphologisch zeigen viele dieser Hügel tatsächlich für Drumlins atypische, aber für 'Mittelquappen' durchaus typische Formen: Beliebige steile Böschungswinkel, oft einen in der Fließrichtung ansteigenden 'Sporn', zwei oder drei Kulminationspunkte und nach vorn gestreckte 'Finger', alles Eigenschaften, die für echte Drumlins unwahrscheinlich sind. Der Einbezug des Paradigmas Mittelmoräne dürfte zum Verständnis der ausgedehnten süddeutschen Moränenlandschaften hilfreich sein und manche Fragen klären. So sind z.B. die von SCHWERD (1986) erwähnten 'Sicheldrumlins' (SCHMIDLE 1932) und die 'Zwillingsbildungen' (EBERS 1926) typische Elemente von 'hummocky moraines'-Landschaften, also von Mittelmoränen. In vielen Fällen können die primär als Ablationsmoräne entstandenen Aufschüttungen der Mittelmoränenstränge nachträglich von Eis überfahren und überprägt worden sein, ein Prozess, der aber nicht als 'Drumlinisierung' bezeichnet werden sollte, da die Hügel vorgegeben waren. Andererseits schließt die von uns ins Auge gefasste Neuinterpretation dieser Landschaften die Existenz von echten Drumlins nicht aus. An diesem Begriff sollte aber nur festgehalten werden, wo es sich klar um subglaziäre Bildungen handelt.

In [Fig. 10](#) ist eines dieser Gebiete herausgegriffen. Während es sich bei den Beispielen Buechberg und Eschner Berg um Mittelmoränen handelt, welche auf frontal oder halbfrontal ansteigendes Gelände aufliefen, konnte sich im Gebiet nördlich von Friedrichshafen ein mächtiger Mittelmoränenstrang auf dem kuchenartig verbreiterten Rheingletscher nordwärts frei entfalten und seinen Schutt auf einem Gebiet von ca. 30 km² deponieren.

Gebiet von Ivrea (Carta geologica d'Italia 1:100 000, [Fig. 2](#) und [11](#)): Im Tal der Dora Baltea befinden sich im Gebiet von Ivrea die mächtigsten Moränen der Alpen. Die allergrösste von ihnen, die linke Seitenmoräne 'La Serra', erreicht eine Überhöhung von über 400 m. Es ist naheliegend, dass in diesem Gebiet auch die bedeutendsten Mittelmoränen auftreten, gleichgültig, in welcher Eiszeit oder in wie vielen Eiszeiten sie gebildet wurden. Das Gesamtbild des gewaltigen Moränenzirkus von Ivrea zeigt denn auch mehrere nach innen vorspringende Mittelmoränensporne. Der mächtigste trägt das Castello Masimo bei 430 müM südlich von Caravino und muss dem Stadium der höchsten Stirn- und Seitenmoränen zugeordnet werden. Er endet mit einer tieferen Stufe bei Tina. Ein flacherer, 300 m nicht überschreitender Mittelmoränenstrang zieht sich von Albiano nach Azeglio. Er setzt sich fort in einem Waldhügel an der Südwestecke des Lago di Viverone und in dem Wall am Südufer dieses Sees. Zwischen diesen beiden Strängen liegt ein dritter, der von 338 müM über 450 müM parallel zu den beiden andern nach NW streicht.

PENCK & BRÜCKNER (1909: 762f.) machten dazu folgende Feststellung:

„Zwischen diesen Zungen springen Moränenwälle spitz gegen die Mitte des Amphitheaters hinein, ohne hierzu durch Erhebungen älteren Gesteins genötigt zu sein. Dies weist darauf, dass die Zerlappung des Gletscherendes hier nicht wie sonst in der Regel eingetreten ist, weil es sich an äusseren Hindernissen spaltete, sondern durch die Schuttführung des Gletschers verursacht wurde; die einspringenden Spitzen der Endmoräne entsprechen Innenmoränen, welche schuttarme Gletscheräste trennten.“ - „In die weite Auffüllungsebene springen von Südosten her wie *Mittelmoränen* die aneinander gescharten Flanken der Stirnmoränenbögen hinein.“

Es ist dies eine der ganz wenigen Stellen, wo bei PENCK & BRÜCKNER (1909) der Begriff 'Mittelmoräne' vorkommt. Aber eine klare Interpretation als Mittelmoräne wird merkwürdigerweise auch hier, wo es sich geradezu aufdrängt, nicht in Betracht gezogen. Der Ersatzbegriff lautet 'Innenmoräne'. ZIENERT (1973), der dem Gebiet erstmals seit PENCK & BRÜCKNER (1909) eine gründliche chronostratigraphische Studie gewidmet hat und mindestens 28 Eishalte feststellt, zieht keine Mittelmoränen in Betracht. Er spricht bezüglich der offenkundigen Dreiteilung des Eissystems nicht von Teilgletschern, sondern von Abschnitten oder Lobi: „Der Gletscher teilte sich dabei zumindest in der letzten Eiszeit randlich in drei Abschnitte: den Viverone-Lobus im E, den Zwischen-Lobus und den Hauptlobus im S bis W.“ (ZIENERT 1973: 142).

Da sich der Talgletscher der Dora Baltea aus zahlreichen Teilgletschern aus den höchsten Regionen der Alpen zusammensetzte, kann mit Sicherheit geschlossen werden, dass er zahlreiche und mächtige Mittelmoränen führte. Es ist auch plausibel, dass die einzelnen Mittelmoränen in verschiedenen Kaltzeiten immer wieder nahezu denselben Verlauf nahmen, so dass ihr Schuttgut in einer Kaltzeit den Aufschüttungen der vorangehenden auf- oder angesetzt wurde.

Die Serra ist mit grosser Wahrscheinlichkeit keine primäre, sondern eine sekundäre Seitenmoräne, welche bei Andrate nördlich von Ivrea auf 850 müM als ausufernde Mittelmoräne ansetzt. In den Moränenkomplexen westlich der Dora Baltea weisen einige Erhebungen ebenfalls die klaren Formen ausufernder Mittelmoränen auf, so das Gebiet östlich des Lago di Candia südlich von Vische, der Hügel 498 müM nördlich von Cuceglio, die Ripa Vercelli 736 müM und die Costa di Canapre nördlich davon.

Eine analoge Situation wie bei Ivrea liegt in den anderen Eisrandgebieten des Alpensüdfusses vor, am klarsten und spektakulärsten am Südufer des Gardasees: Der dortige gewaltige Endmoränenzirkus zeigt einen ganzen Fächer grosser und kleiner, nach innen vorspringender Mittelmoränensporne.

3. Zusammenfassung und landschaftsmorphologische Konsequenzen

Die aufgeführten Beispiele sollten zeigen, dass Mittelmoränen bei der Entstehung der Quartärlandschaften im Alpenvorland und in den Alpentälern eine weit grössere Rolle spielten, als bisher angenommen wurde. Zieht man den Schutttransport durch Mittelmoränen ernsthaft in Betracht, so ergeben sich für die Quartärmorphologie, von kleinsten Bildungen bis zu ausgedehnten Landschaften, wie auch für die Sedimentdiagnose neue Interpretationen.

1. Bisher schwer verständliche Längswälle am Zungenende eiszeitlicher Gletscher erhalten eine plausible Interpretation als Mittelmoränen-Endaufschüttungen.
2. Kurze Lateralwälle werden als ausufernde Mittelmoränen verständlich.
3. Längere Lateralwälle, die an einem bestimmten Punkt ansetzen und dort nach rückwärts ins Leere streichen, erweisen sich als sekundäre, aus ausufernden Mittelmoränen entstandene Seitenmoränen. Ihr Ansatzpunkt ist die laterale Mündungsstelle der Mittelmoräne.
4. Die zahlreichen im Alpenvorland bisher als Drumlins kartierten Moränenhügel können in Anlehnung an die angelsächsische Nomenklatur in drei Kategorien unterteilt werden:
 - Echte Drumlins: Hügel aus primär subglaziärem Material,
 - 'Hummocks' ('Buckelmoränen'): Hügel aus Obermoränenmaterial,
 - 'Pseudodrumlins': Hummocks, welche nachträglich vom Eis überfahren und ±umgeformt ('überprägt') wurden.

'Hummocks' und 'Pseudodrumlins' sind in unseren Glaziallandschaften vermutlich viel häufiger als echte Drumlins.

5. In Fliessrichtung ± linear hintereinander liegende Reihen von Moränenhügeln werden als Serien, d.h. als Aufschüttungen einer und derselben Mittelmoräne in aufeinanderfolgenden Stadien verständlich.

6. Viele ausgedehnte Moränengebiete, die bisher als Drumlinlandschaften aufgefasst wurden, sind neu als Aufschüttungen durch \pm vollständig schuttbedeckte Gletscherzungen zu interpretieren. Dabei können alle unter 4. aufgeführten Geländetypen auftreten.

7. Schotter beliebiger Eiszeiten, mit oder ohne Moränenbedeckung, sind vorwiegend im Mündungsbereich von Mittelmoränen entstanden: Diese waren die Fliessbänder, welche das Material für die fluvioglaziale Schotterbildung heranführten. Auch Hochterrassen- und Deckenschotter werden plausibel als Bildungen von Mittelmoränen, die auf Nunataks oder auf ansteigendem Gelände mündeten und deren Schutt durch Schmelz- und Regenwasser verschwemmt wurde. Aus ihrer Höhenlage kann nicht auf ihr Alter, nur auf die Höhe des jeweiligen Eisrandes geschlossen werden. Die unwahrscheinliche Annahme einer allgemeinen Eintiefung der Landoberfläche von Eiszeit zu Eiszeit wird überflüssig.

8. Manche bisher schwer verständliche komplexe Sedimentationsverhältnisse und tektonische Verformungen in eiszeitlichen Aufschlüssen erhalten durch die Berücksichtigung der besonderen Sedimentations- und Druckbedingungen im Mündungsbereich von Mittelmoränen einen weiteren Interpretationsspielraum.

Dank

Der Verfasser dankt Herrn Dr. Werner Flück von der schweizerischen 'Landesgeologie' für die stets zuvorkommende Beratung und Hilfe bei der Suche nach den passenden geologischen Karten, Herrn Prof. René Hantke für zahlreiche Ratschläge und Begleitungen im Feld sowie für die kritische Durchsicht des Manuskriptes, Herrn Prof. Christian Schlüchter für die freundliche Einführung in die Vereinigung deutscher Quartärgeologen (DEUQUA).

References

- AGASSIZ, L. (1840): Etudes sur les glaciers. – Neuchâtel. Reprinted for Dawson's of Pall Mall 1966.
- ALLEMANN, F. (1985): Geol. Karte des Fürstentums Liechtenstein 1 : 25 000. – Regierung des FL.
- ANNAHEIM, H. (1934): Diluviale Ablagerungen aus der Umgebung von Lugano. – *Eclogae geol. Helv.* 27/2: 463-533.
- BENN, D.I & D.J.A EVANS. (1998): *Glaciers and Glaciation*. – Arnold London, New York, Sydney, Auckland, 734 p.
- BERNOULLI, D., M.GIOVI, P.GRAETER, M.LEHNER, M.REINHARD, & A.SPICHER (1976): Lugano (LK 1353). – *Geol. Atlas Schweiz* 1 : 25 000, Blatt 69. Schweiz. Geol. Komm.
- BERSIER, A. (1942): L'origine structurale des collines et alignements morphologiques orientés du Plateau vaudois. – *Bull. soc. vaud. sc. nat.* 62/258: 135-158.
- (1952): Jorat (Echallens - Sottens - Cheseaux - Corcelles-le-Jorat, AS 304-307). – *Atlas géol. Suisse* 1 : 25 000, Feuille 27, avec Notice explicative. *Comm. Géol. Suisse*.
- BIELER, TH. (1901). Etude préliminaire sur le modèle glaciaire et le paysage drumlinique dans la plaine vaudoise. – *Bull. soc. vaud. sc. nat.* 37.
- CARTA GEOLOGICA D'ITALIA 1 : 100 000, Foglio 42 Ivrea (ristampa 1959), 43 Biella (II edizione 1966), 56 Torino (II edizione 1969), 57 Vercelli (II edizione 1969).
- ERB, L. (1967): Geol. Karte des Landkreises Konstanz mit Umgebung 1 : 50 000. Mit Erläuterungen von A.SCHREINER 1970. – Geologisches Landesamt in Baden-Württemberg.
- EUGSTER, H., M.FORRER, H. FRÖHLICHER, T. KEMPF, L. SCHLATTER, R. BLASER, H.FUNK, H. LANGENEGGER, M. SPOERRI & K. HABICHT (1982): Säntis (LK 1115). – *Geol. Atlas Schweiz* 1 : 25 000, Blatt 78. Erläuterungen von H.P.FUNK, K.HABICHT, R.HANTKE & O. A. PFEIFFNER, mit Beiträgen von M. KOBEL 2000. – Schweiz. Geol. Komm.

- HABBE, A. (1988): Zur Genese der Drumlins im süddeutschen Alpenvorland. Bildungsräume, Bildungszeiten, Bildungsbedingungen. – Z.Geomorph. N.F.70: 33-50.
- HANTKE, R. (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete 1 : 50 000. – Vjschr. Naturf. Ges. Zürich, 112/2.
- (1980): Eiszeitalter. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete, Bd. 2. – Ott, Thun, 703 pp.
- & G.WAGNER (2003): Mittelmoränen als Schuttlieferanten der Thurgauer Deckenschotter. – Mitt. thurg. naturf. Ges. In press.
- HEIM, A. (1919). Geologie der Schweiz, Bd.1. – Tauchnitz, Leipzig, 704 pp.
- HÜBSCHER, J. (1961): Diessenhofen (LK 1032). – Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000, Blatt 38. Mit Erläuterungen von F. HOFMANN & R. HANTKE (1964). Schweiz. Geol. Komm.
- OCHSNER, A. (1969): Linthebene (LK 1133). – Geol. Atlas Schweiz 1 : 25 000, Blatt 53. Mit Erläuterungen 1975. Schweiz. Geol. Komm.
- PENCK, A., & E. BRÜCKNER (1909): Die Alpen im Eiszeitalter. – Tauchnitz, Leipzig.
- SALOMON, W. (1912): Scheinbare Facettengschiebe in der Grundmoräne des Monte San Salvatore bei Lugano. – Eclogae geol. Helv. 11/6, 810-813.
- WAGNER, G.(1986): Die eiszeitlichen Moränen von Aare- und Rhonegletscher im Gebiet des Worblentals bei Bern. – Mitt. Naturf. Ges. Bern N. F. 43: 63-110.
- (1997): Eiszeitliche Mittelmoränen im Berner Mittelland. – Mitt. Naturf. Ges. Bern N. F. 54: 91-137.
- (2001a): Mittelmoränen historischer und prähistorischer Gletscher im Wallis. – Mitt. Naturf. Ges. Bern N. F. 58: 63-96.
- (2001b): Drumlins im Berner Mittelland ? Eine begrifflich-morphologische Studie. – Mitt. Naturf. Ges. Bern N. F. 58: 97-114.
- (2001c): Mittelmoränen eiszeitlicher Alpengletscher in der Schweiz. – Eclogae geol. Helv. 94/2: 221-235.
- (2002): Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich. 1.Teil: Gebiet des Linthgletschers in der Zürichsee-Talung und im Knonauer Amt. – Vjschr. Naturf. Ges. Zürich 147/4, 151-163.
- WELTEN, M. (1988): Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. – Beitr. Geol. Karte Schweiz, N.F.162. Landeshydrologie und -geologie & Schweiz. Geol. Komm.
- ZIENERT, A. (1973): Das Moränen-Amphitheater von Ivrea (Dora Baltea). – Heidelberger geogr. Arb. 38, 141-157.

Dr. Dr.h.c. Gerhart Wagner, Im Baumgarten 10, CH-3066 Stettlen, Schweiz.