

Das «Mittelmoränen-Modell» – aus wissenschaftlicher Sicht

Hans Rudolf Graf (Gächlingen), Reto Burkhalter (Worb), Thomas Gubler (Amden), Oskar Keller (Eggersriet), Max Maisch (Gockhausen), Conrad Schindler (Oetwil am See), Christian Schlüchter (Münchenbuchsee) und Georg Wyssling (Wädenswil)

1 EINLEITUNG

Vor einiger Zeit entwickelte Dr. Gerhart Wagner aus Stettlen BE sein so genanntes «Mittelmoränen-Modell» (im Folgenden als MMM abgekürzt). Damit sollte ein wesentlicher neuer Gesichtspunkt für die Deutung eiszeitlicher Ablagerungen und Formen und so für die Entschlüsselung der Geschichte unserer Landschaften in die Diskussion eingebracht werden. Mit seinen mittlerweile zahlreichen Publikationen erhob G. Wagner die Mittelmoränen gar zum zentralen, alles dominierenden Landschaftselement ehemals vergletscherten Gebiete. Systematisch wurden und werden von ihm die bestehenden genetischen Interpretationen von Landschaftsformen und Sedimenten im Alpenvorland und auch im Alpenraum umgedeutet, nämlich als Mittelmoränen bzw. als Ablagerungen aus umgelagertem Mittelmoränenmaterial. Davon betroffen sind nicht nur die bisher unbestritten als Seiten- oder Stimmoränen gedeuteten Formen, sondern u. a. auch die Drumlins sowie die Deckenschotter des nördlichen Alpenvorlandes.

Das MMM hat mittlerweile einen weiteren Verfechter gefunden, Prof. Dr. René Hantke. Schon seit den 60er Jahren suchte er die Deckenschotter des nördlichen Alpenvorlandes – zumindest innerhalb der Maximalausdehnung der eiszeitlichen Gletscher – als seitliche Abspülungen von mittel- bzw. oberpleistozänen Gletschern zu deuten (HANTKE, 1962). Damit sollte ihrer bisherigen Interpretation als Ablagerungen gletscherrandnaher Schotterfelder während des Oberpliozäns und Unterpleistozäns und der Theorie der sukzessiven erosiven Eintiefung des alpinen Entwässerungsnetzes widersprochen werden.

2 ZIEL DES VORLIEGENDEN ARTIKELS

Die Autoren des vorliegenden Artikels verfolgen zwei Ziele. Einerseits soll klar gemacht werden, dass die von G. Wagner vertretenen Ansichten in der Fachwelt keineswegs weitge-

hend akzeptiert sind, wie von ihm geäußert, sondern dass sie im Gegenteil auf berechtigten Widerstand und Skepsis stossen. Und andererseits soll aufgezeigt werden, dass das MMM in seiner jetzigen, ungezählte und offensichtliche Widersprüche enthaltenden Form in keiner Weise den Ansprüchen an ein modernes Modell für die Genese eiszeitlicher Ablagerungen genügt, ja dass G. Wagners Äusserungen in vieler Hinsicht sogar ganz klar als unrichtig erkannt werden können.

Es kann an dieser Stelle nicht auf alle Aspekte der modernen glazialgeologischen Forschung konkret eingegangen werden, welche vom MMM und seiner umfassenden Anwendung durch G. Wagner tangiert werden. Es soll deshalb vor allem demonstriert werden, dass das MMM fundamentale Anforderungen, die an wissenschaftliche Modelle gestellt werden, nicht erfüllt.

3 GRUNDLAGEN GEOLOGISCHER FORSCHUNG

Um die Entstehung und Veränderung heute vorkommender Gesteine und Landschaftsformen zu entschlüsseln, orientiert sich die geologische (und geomorphologische) Forschung im Wesentlichen nach zwei Blickwinkeln: die Gesteine und Formen selbst sowie die für ihre Bildung verantwortlichen, heute aktuell beobachtbaren geologischen Vorgänge. Es werden also auf der einen Seite die zentralen Phänomene (in diesem Falle Objekte der Eiszeitforschung) – dem aktuellen Kenntnisstand und der verfügbaren Technik entsprechend – so genau und detailliert wie möglich beschrieben und dokumentiert. Und auf der anderen Seite werden die in der real existierenden Umgebung stattfindenden Prozesse (z. B. Erosion, Umlagerung, Ablagerung) und deren Mechanismen beobachtet und dargelegt. Sollen nun Gesteinsabfolgen oder Formen aus früheren Zeiträumen genetisch gedeutet werden, geschieht dies anhand eines Vergleiches mit aktueller Beobachtungsevidenz. Dieses wissenschaftliche Prinzip wird als Aktualismus bezeichnet: Die Gegenwart wird zum Schlüssel zur Vergangenheit (LYELL, 1830–33).

Moderne glazialgeologische Forschung mit ihren spezifischen Methoden zur Beobachtung, Dokumentation und Deutung berücksichtigt jeweils eine Vielzahl von Parametern. In den Themenfeldern der Eiszeitforschung und Glazialgeologie sind z. B. folgende Aspekte von Situation zu Situation an gemessen mit einzubeziehen: Gletschergeometrie, Eisdynamik, Abschmelzverhalten, Fliesswege von Schmelzwässern, Kornverteilung der Sedimente, Sedimentstrukturen, Lagerungsdichte und Scherverhalten von Sedimenten, Sedimentpetrographie und Morphologie von Sedimentkörpern usw. Die genetische Deutung eines bestimmten eiszeitgeologischen Elementes (Sedimentkörper, Landschaftsform) darf niemals auf einem einzigen Gesichtspunkt beruhen; es soll immer die Integration verschiedener Parameter sein, welche zu einer Interpretation führt. In der Glazialgeologie ist es grundlegend, Form und Inhalt zu untersuchen.

Moderne Untersuchungen umfassen deshalb eine dem Forschungsstand entsprechende breite Palette von Beobachtungsmethoden und Analyseverfahren, welche zudem umfassend dokumentiert werden müssen. Von grösster Wichtigkeit erweist sich auch die klare Abgrenzung gegenüber verwandten Vorgängen und deren Produkten. So erst wird es möglich, bestimmte Vorgänge unmissverständlich zu definieren sowie deren Produkte «eindeutig» zu identifizieren. Diese Vorgehensweise ist ganz speziell bei der Glazialgeologie von grösster Bedeutung, hat sich doch der Prozessbereich der eiszeitlichen wie der heutigen Gletscher als hochkomplexes Umfeld entpuppt.

4 WAS SIND MITTELMORÄNEN?

Mittelmoränen im eigentlichen Sinn sind in der Fliessrichtung meist länglich angeordnete Schuttakkumulationen auf dem Gletschereis, welche sich unterhalb der Konfluenz von zwei Teilgletschern bilden und optisch die Fortsetzung der einzelnen Seitenmoränen darstellen. Diese Schuttablagerungen weisen in der Regel keinen Tiefgang auf. Mittelmoränen «reiten» also passiv auf einem Eiskörper mit einheitlicher Dynamik. Sie sind in diesem Sinn zum Beispiel klar von «Ablagerungen zwischen zwei Gletschern» zu differenzieren, denn dabei handelt es sich um eigenständige Akkumulationen interferierender Seitenmoränen (bzw. randglazialer Sedimente), die von zwei benachbarten Gletschern mit individueller Dynamik gebildet werden. Mittelmoränen sind also existenziell an Gletschereis gebunden. Schmilzt dieses weg, verschwinden auch die Mittelmoränen als Form.

Längst bekannt ist das Mittelmoränenmaterial als so genannte «Obermoräne». Damit wird der auf dem Gletscher

transportierte und beim Gletscherschwund abgelagerte Schutt bezeichnet, welcher ohne nennenswerte weitere Umlagerung am Ort des niederschmelzenden Eises abgesetzt wird. Dieses Material bleibt als meist wenige Meter mächtige Schicht auf anderen, oft subglazial entstandenen Sedimenten erhalten bzw. kann in kompliziert zusammengesetzten Lockergesteinsabfolgen des randglazialen Milieus enthalten sein. Dass dieses Material eigenständige Formen bilden kann, ist bisher nicht belegt worden.

5 HAUPTKRITIKPUNKTE AM «MITTELMORÄNEN-MODELL»

5.1 Mangelnde Grundlagen

In G. Wagners Publikationen sucht man vergebens nach Dokumentationen von Beobachtungen an heutigen Gletschern, welche klar und nachvollziehbar darstellen, was der Autor unter Mittelmoränen (im lithologischen Sinn von abgelagertem Gesteinsmaterial und in Bezug zur Gesteinskörpermorphologie) versteht. Es liegen keine Angaben über die Randbedingungen vor, welche ihre Bildung ermöglichen (Eisdynamik, Gletschermorphologie, Schmelzwasser usw.). Man findet auch keine Kriterien erwähnt, welche eine Abgrenzung von Mittelmoränensedimenten gegenüber anderen glazialen Lockergesteinen ermöglichen würden. Ebenso fehlen in G. Wagners Veröffentlichungen detaillierte Beschreibungen der jeweils fallweise herausgegriffenen lokalen Bildungen bezüglich Gesteinsinhalt, Sedimentologie, petrographischer Zusammensetzung usw.

5.2 Einseitigkeit

In seinen Publikationen betrachtet und deutet G. Wagner die selektiv besprochenen Eiszeitbildungen ausschliesslich und einseitig aus der «Mittelmoränen-Optik». Dabei wird weder begründet, warum es sich jeweils um aus dem MMM hervorgegangene Bildungen handeln soll, noch wird anhand von Fakten eine nachvollziehbare Diskussion geführt. Die Argumentation erfolgt nahezu exklusiv aus einem auf das Erscheinungsbild fixierten Blickwinkel. Die auf den regionalen Beispielen scheinbar abgestützten Schlussfolgerungen bestehen fast durchwegs aus Behauptungen. Die Landschaftsformen und Sedimentkörper in den jeweiligen Gebieten werden derart vollständig als Produkte des MMM gedeutet, dass kaum mehr andere Deutungsmöglichkeiten übrig bleiben. Diese Einseitigkeit führt sich selbst ins Absurde («Wenn alles Mittelmoräne ist, dann ist Mittelmoräne nichts.»).

5.3 Pauschalität

Die Komplexität der geologischen Vorgänge im Umfeld von Gletschern zeigt sich immer wieder darin, dass sich bei eingehender Betrachtung jedes glazigene Landschaftselement als individuelle Bildung zu erkennen gibt. Dieser Tatsache wird G. Wagner in keiner Weise gerecht, indem seine Deutungen auf grosszügigen, pauschalen Einstufungen beruhen. Das liegt daran, dass der Autor lediglich die Geländeformen, nicht aber deren Inhalt und Aufbau berücksichtigt und zudem die Vielfalt der Bildungsmöglichkeiten schlicht übersieht oder negiert. Landschaftsformen aus Lockermaterial müssen nicht zwangsläufig stets auf Materialakkumulation zurückgehen, sie können auch das Resultat von Erosionsvorgängen sein.

5.4 Mangelnde Kenntnis der lokalen Verhältnisse

Wie an zahlreichen Beispielen gezeigt werden kann, beruhen die Interpretationen G. Wagners oft auf ungenügenden Kenntnissen der lokalen geologischen Verhältnisse. Für Kenner der jeweiligen Gegenden wird es schnell klar, dass der Autor das Gebiet, wenn überhaupt, nur «oberflächlich» (im wahrsten Sinne des Wortes!) begangen hat. Die äusserst zahlreichen Sondierbohrungen, welche gerade in den letzten Jahren in eiszeitlichen Ablagerungen ausgeführt wurden, bleiben unberücksichtigt. Kaum je werden natürliche oder künstliche Aufschlüsse beschrieben oder wenigstens aufgeführt. Und wenn, dann interpretiert Wagner die Lockeresteine ungeachtet ihrer Natur entweder als primär abgelagert oder als resedimentierter Mittelmoränenschutt.

6 BEISPIELE

In diesem Kapitel möchten die Autoren verschiedene von G. Wagner (und z. T. R. Hantke) besprochene eiszeitliche Bildungen – dem aktuellen Kenntnisstand entsprechend – kurz darstellen. Damit soll illustriert werden, dass einerseits bisherige Ansichten durchaus fundiert und begründet sind und andererseits die Interpretationen von G. Wagner nur auf lückenhaften oder einseitigen Argumenten beruhen. Dies kann an dieser Stelle natürlich nicht in vollständiger und wissenschaftlich systematischer Weise geschehen. Es existieren jedoch zu vielen der nachfolgend angeführten Beispiele eingehende Originaluntersuchungen, deren Ergebnisse anhand der jeweils angegebenen Literaturzitate nachgeprüft werden können.

6.1 Die Mittelmoränenstränge im Thurgau

Abgesehen davon, dass es im eisfrei gewordenen Gelände keine Mittelmoränen im eigentlichen Sinn gibt, sind die in WAGNER und HANTKE (im Druck, Abb. 11) dargestellten Stränge im Gelände nicht auszumachen. Auf dem östlichen Seerücken liegt flächig – und eben nicht streifig – angeordnetes Moränenmaterial, das aus einer Mischung von Ober-, Innen- und Grundmoräne besteht. Der Strang M3, der von Salmsach bei Romanshorn über Dozwil nach Illighausen hinaufgezogen wird, ist weder als Form vorhanden, noch wurde in diesem Streifen das Vorherrschen von Obermoränenmaterial irgendwo nachgewiesen. Ganz im Gegenteil zeigt es sich, dass stufenweise von den Hochlagen bei Illighausen über Langrickenbach gegen Romanshorn hinunter flache Seitenmoränenwälle oder Eisrandterrassen auftreten, die bogenförmig ins Thurtal einschwenken und dorthin abfallen und ebenso nordwestwärts zum Bodensee hinunter absteigen. Dies bestätigt ja gerade auch die Kartenskizze Abbildung 12 in WAGNER und HANTKE (im Druck). Der angebliche Strang M3 verläuft zudem quer zu den eingezeichneten Eisrandformen, was dem Mittelmoränenkonzept sogar widerspricht. Der Strang M3 existiert aber nicht. Der Strang M4 müsste gemäss Abbildung 11 in WAGNER und HANTKE (im Druck) dem Bodenseeufer folgen, was aber im Gelände nicht sichtbar ist. Im Gegenteil, hier steigt zwischen Konstanz und Uttwil eine ganze Reihe hintereinander gestaffelter Eisrandwälle vom Seerücken schräg zur Uferlinie an den Bodensee hinunter ab. Das Hochplateau beidseits des Tannenberges reicht in erweiterter Form und entsprechender Höhe über die Thur hinüber nach Niederhelfenschwil, nach Norden über die Sitter Richtung Amriswil und nach Osten über die Sitter nach Häggenschwil–Wittenbach, ja sogar bis in die Gegend von Mörschwil. Überall, allerdings nicht überall gleich dicht, sitzen Drumlins und längliche Wallformen der Hochfläche auf. Das ganze Plateau ist vorwiegend mit Moränenmaterial bedeckt. Die Anordnung der Drumlins deutet die Strömungsrichtung des Eises an, was aber kein Grund sein kann, daraus Mittelmoränenstränge zu konstruieren. Auch der in Abbildung 11 in WAGNER und HANTKE (im Druck) gezeichnete Strang M1 ist im Gelände nicht auszumachen. Im Raum Rorschach–Goldach ist weder morphologisch noch sedimentologisch ein besonderes Materialband vorhanden. Bei Mörschwil liegt die Drumlinverbreitung quer zum postulierten Strang M1. Im Gebiet Häggenschwil quert der Strang das ausgedehnte Drumlinfeld von Wittenbach–Muolen, das beidseits weit über den Strang hinaus reicht. Die Existenz des Mittelmoränenstrangs M1 ist eine im Gelände nicht verifizierbare Behauptung.

6.2 Die Höheren Deckenschotter des Irchels (ZH)

Die Höheren Deckenschotter des zwischen Thur, Rhein und Töss gelegenen Irchels können in vier Schotterkörper gegliedert werden, die jeweils durch interglaziale Bildungen (z. B. Böden) oder klare Erosionsdiskordanzen voneinander getrennt werden (GRAF, 1993). Besonders erwähnenswert ist das Auftreten einer durch den gesamten Irchel hindurchziehenden, mehrere Meter mächtigen Lage aus Sedimenten, welche einem Flusssystem entstammen, das vergleichbar ist mit demjenigen der unteren Thur vor ihrer «Bändigung». In einer «Matrix» aus lehmigen Überschwemmungssedimenten liegen sandige und kiesige Füllungen von einstigen Flussrinnen vor. In den Überschwemmungssedimenten finden sich die Reste einer Schneckenfauna, welche typisch ist für eine fluviatile Schwemmebene (Auenlandschaft). Diese Fauna sowie weitere sedimentologische Besonderheiten bezeugen eine warmzeitliche Entstehung der Ablagerungen, also eine Entstehung in einem gletscherfreien Umfeld (GRAF, 1993). Daraus kann geschlossen werden, dass die Deckenschotter des Irchels in einem Talsystem abgelagert wurden, welches in Warmzeiten mit heutigen Talebenen vergleichbar war und in Kaltzeiten von Gletschervorfeldern (Sandern) eingenommen wurde. Keineswegs können derartige Sedimente auf einem Hügel entstehen, wie dies von G. Wagner und R. Hantke für die Deckenschotter insgesamt behauptet wird (WAGNER, 2003; HANTKE und WAGNER, im Druck). Ähnliche Bildungen von warmzeitlichen Schwemmebenen sind übrigens auch an anderen Stellen innerhalb von Deckenschotterabfolgen nachweisbar, so auf dem Iberig im unteren Aaretal (GRAF, 2000) oder auf dem Schiener Berg nördlich des Rheins (GRAF, im Druck).

6.3 Heitersberg im unteren Limmattal (ZH/AG)

Der Heitersberg trennt zwischen dem Mutschellen und Neuenhof das Limmattal vom Reusstal ab. Seine Kuppe wird von einer über 100 m mächtigen Abfolge von Lockergesteinen gebildet. Es finden sich darin Schotterlagen, die entweder aus kaum abgerolltem Geröllmaterial oder aus gut gerolltem Kies bestehen, Stillwasserablagerungen, verschiedene Typen von Grundmoränen sowie Obermoränenmaterial. Anhand von sedimentpetrographischen Untersuchungen konnte gezeigt werden, dass das Material wechselweise vom Reussgletscher und vom Linth-Rhein-Gletscher geliefert wurde (GRAF, im Druck). Dieser Sedimentkomplex repräsentiert deshalb in eindrücklicher Weise die an den Eisrändern wirkende Dynamik zwischen zwei eigenständigen Gletschern. Obermoränenmaterial liegt erst in den obersten Bereichen des Heitersberges vor, wobei es sich um Linthmateri-

al handelt (zahlreiche grosse Blöcke aus Glarner Verrucano) und nicht etwa um Gesteine aus dem Reussgebiet (vgl. WAGNER, 2003).

6.4 Zürich und das unterste Becken des Zürichsees (ZH)

WAGNER (2002) postuliert, dass sich die Mittelmoränen allgemein von ihrem Ursprung bis ins Zungengebiet des Gletschers verfolgen lassen, dies als getrennte Individuen, welche sich allenfalls seitlich zu Strängen zusammenfügen können. Dementsprechend sollte auch keine Durchmischung von Gesteinen verschiedener Gletscherteile stattfinden. Bei Zürich soll die Trennung derart strikt sein, dass statt eines durchgehenden Endmoränenwalls isolierte Hügel entstanden. Diese sollen eine Längsachse parallel zum Tal aufweisen, durch kiesgefüllte Rinnen getrennt sein und talaufwärts absinken, so der Lindenhof und der Hügel Katz. Die Seitenmoränen der Hohen Promenade und der Hochschulterrasse werden zu Mittelmoränen umgedeutet. Talaufwärts sollen im untersten Seebecken die einzelnen Mittelmoränen eine Fortsetzung finden, dies als linear aufgereichte Untiefen.

Das erwähnte Gebiet ist geologisch ungewöhnlich gut erschlossen worden: mehrere hundert Bohrungen, ferner Tunnel, Stollen, grosse Baugruben (z. B. eine Parkgarage unter dem Lindenhof), Untersuchungen für den Seetunnel usw. Der scheinbar einfachen Morphologie steht eine ausserordentlich komplexe interne Struktur entgegen, welche mit dem Modell von G. Wagner kaum zu vereinbaren ist.

Hierzu einige Stichworte: Die Endmoränen von Zürich bilden in Wirklichkeit einen durchgehenden Wall, welcher während Jahrhunderten den See auf Kote 417 m ü. M. aufstaute. Dies beweisen eiszeitliche Seeablagerungen, welche weit über den heutigen Spiegel von 406 m ü. M. aufsteigen (SCHINDLER, 1971; PAVONI et al., 1992). Auch die Kamesterrassen von Hurden, Reichenburg und Schänis bestätigen dies (SCHINDLER, im Druck). Bei den Findlingen lässt sich eine Durchmischung feststellen, welche gegen die Herkunft aus einer Mittelmoräne spricht. Die meist durch Seekreide bedeckten Untiefen zwischen Tiefenbrunnen, Wollishofen und der Zürcher Moräne sind durch Bohrungen und Seismik untersucht worden (SCHINDLER, 1971, 1974, 1981). Sie sind nicht in Reihen angeordnet und weisen meist keine talparallele Längsachse auf. Sie bestehen zum kleinsten Teil aus Moränenmaterial, zur Hauptsache aber aus chaotisch aufgehäuften Gletscherbachsedimenten. Diese Bäche flossen einst über oder im Eis und traten an der Eisfront aus. Der Wall der Hohen Promenade überdeckt eine komplexe Abfolge von Schottersträngen, Stausedimenten und tieferen Moränenla-

gen; zuunterst folgt Grundmoräne (LOCHER, 1973). Der Bau der Zürichberg-Bahnlinie und des neuen Bahnhofs Stadelhofen brachten prächtige temporäre Aufschlüsse, welche für eine komplex aufgebaute Seitenmoräne sprachen, aber keinen Hinweis auf Mittelmoräne ergaben.

6.5 Drumlinlandschaft Zürcher Oberland

Die Entstehung der schulbuchklassischen Drumlinlandschaft im Zürcher Oberland wird von WAGNER (2002) auf einen einseitigen Blickwinkel, denjenigen der Mittelmoränenbildung, reduziert. Wohl bleibt selbst unter Fachleuten die Frage nicht befriedigend beantwortet, wie die Herkunft der grossflächigen Quartärbedeckung und der zum Teil mächtigen Talfüllungen im oberen Glattal (z. B. Molasserinne bei Uster) angesichts des bei der Schwelle von Hombrechtikon gekappten «Taltorsos» zu erklären sei. Die Zufuhr der Lockersedimente (Moränen, Schotter, Seesedimente) wurde bisher pauschal der herantransportierenden Wirkung des eiszeitlichen Linth-Rhein-Gletschers zugeschrieben. Dieser musste, um im oberen Glattal und weiter talabwärts wirksam zu werden, mindestens die Höhe der Hombrechtiker Transfluenzstelle erreicht haben. Dies gilt, sofern man die mindestens präwürmzeitliche Herausbildung dieser Transfluenzstelle nicht generell in Frage stellt. So kann (muss aber nicht zwingend) auch die Idee des Antransportes des Schuttes auf der Gletscheroberfläche (z. B. als Mittelmoränenstrang) in das Spektrum möglicher Erklärungsversuche (und deren Varianten) miteinbezogen werden.

WAGNER (2002) bleibt allerdings die stichhaltigen Argumente oder Geländebefunde für seine Behauptung schuldig, dass die Hügelformen primär durch Akkumulation des longitudinal anrückenden Oberflächenschuttes entstanden, nachträglich von Eis nochmals überfahren und erst so «abgeflacht» worden seien. So offenbart doch gerade der vielzitierte, aber von Wagner vereinfachend als «Mittelmoränenbildung» (bzw. als «nicht echter Drumlin» oder gar als «Pseudodrumlin») klassierte Kiesgrubenaufschluss von Gossau/Langfuhr in schönster Weise die Heterogenität und Komplexität eiszeitlicher Bildungen (z. B. SCHLÜCHTER et al., 1987). Formgebung (Hügelform), Inhalt (Material, stratigraphischer Aufbau) und Prozesse (z. B. Erosion und Akkumulation durch Flüsse oder Eis; die Schieferkohlenbänder belegen zudem auch morphogenetische Ruhephasen) stellen nämlich in ihrer Abfolge wechselweise verschiedene, zum Teil gar völlig unabhängige Aspekte im Geschehen der letzteiszeitlichen Landschaftsentwicklung dar (MAISCH, 2000).

Nirgends spricht WAGNER (2002) davon, wie und woran man denn im Gelände die von ihm postulierten Obermoränen

(oder Obermoränenmaterial) erkennen könne. Über weite Gebiete sind die Zürcher Oberländer Drumlins von einer typischen Grundmoränendecke (Gesteine z. T. mit gekritzter Oberfläche) überzogen. Diese in den obersten Sedimenten sichtbare letzte Phase der Gletscherbeeinflussung – dem Gossauer Drumlin ist sie diskordant aufgelagert – musste also «subglazial» (lodgement till) erfolgt sein. Zudem ist die Formprägung durch die von Wagner zwar angezweifelte «Drumlinisierung» mittels erosiver Prozesse hier eigentlich evident. Die bereits vorhandenen (z. T. über weite Strecken horizontalen) Sedimentserien in Gossau wurden während der letzten Eisüberfahrung deutlich angeschnitten und überformt (ob durch Gletschereis und/oder subglaziale Schmelzwässer bleibt offen), bevor die abdeckende Grundmoräne zur Ablagerung kam.

6.6 Buechberg (Linthebene) (SZ/SG)

Südlich der Felsrippe des Buechbergs sind sehr umfangreiche Lockergesteinsmassen angehäuft worden. WAGNER (2002) sieht in ihnen das Produkt einer grossen Mittelmoräne, welche als Fliessband während verschiedener Kaltzeiten hier ihren Schutt deponierte, wobei ein grosser Teil zu Schottern verschwemmt worden sei; es soll sich nur um lokale Eisrandbildungen handeln. Es finden sich am Buechberg grossartige Aufschlüsse und zahlreiche Bohrungen (SCHINDLER, im Druck). Die meisten der Lockergesteine entstanden in einiger Distanz zum Gletscher (z. B. sehr mächtige Seeablagerungen), einige sind sogar warmzeitlichen Ursprungs. Auffällig ist die sehr gletschernahe Schüttung bei Bolenberg-Bachtellen sowie die überlagernde Moräne. OCHSNER (1975) beschreibt deren Erratiker: viele Gesteine aus den Glarner Alpen, etwas subalpine Nagelfluh, zudem aber Julier- und Punteglias-Granit. Die Aufschlüsse liegen in der südlichen Hälfte der Talung, welche durch den Buechberg aufgespalten wird. Es fragt sich, welcher Mittelmoräne G. Wagner diese Vorkommen zuteilen möchte.

Mächtige, in einiger Distanz vom Gletscher proglazial abgelagerte Schotter liegen unter der Moräne des Hochwürm. Alles weist darauf hin, dass in diesem Gebiet einst eine zusammenhängende Schotterflur vorlag, welche vom südlichen Teil des Buechbergs bis in die nördliche Talflanke bei Kaltbrunn-Gommiswald reichte, also nicht als lokale Eisrandbildung gedeutet werden kann (SCHINDLER, im Druck).

6.7 Moränenlandschaft im Gebiet Menzingen und Neuheim (ZG)

Das Gebiet zwischen dem Lorzetobel, Neuheim, Hirzel, Schönenberg, Hütten und der subalpinen Höhrnenkette ist bekannt durch die vielgestaltige hügelige Landschaft mit zahlreichen Moränenhügeln und dazwischen liegenden torfigen Mulden sowie alten, zum heutigen Sihltal angenähert parallel verlaufenden, späteiszeitlich angelegten Flusstälern. Der geologische Schichtaufbau ist in diesem Gebiet aufgrund zahlreicher Bohrbefunde, welche für die Erkundung der Grundwasserverhältnisse und für die Kiesprospektion ausgeführt worden sind, sowie aus Kiesgrubenaufschlüssen gut bekannt. Erst die Erkenntnisse dieser Befunde ermöglichen uns heute die Entstehungsgeschichte dieser einmaligen Moränenlandschaft zu verstehen (vgl. WYSSLING, 2002).

Die heutige Moränenlandschaft wurde geprägt durch die Ereignisse der letzten Eiszeit (Würm). Damals gelangte ein Seitenarm des Linth-Rhein-Gletschers in den Raum Menzingen–Neuheim. Dieser Gletschervorstoss war begleitet von grossen randglazialen Schmelzwasserflüssen, welche zu einer Aufschotterung des alten Reliefs führten. Kurze Rückzugs- und Vorstossphasen führten am Gletscherrand sowie im Gletschervorfeld zu flächenhaft ausgedehnten glazialen Ablagerungen, bestehend aus einer Wechsellagerung von durchlässigen Bachschottern, undurchlässigen feinkörnigen Seeablagerungen und kompakten Moränen. Beim Maximalstand wurde am südlichen Gletscherrand eine morphologisch sehr ausgeprägte Seitenmoräne abgelagert, welche sich von Schindellegi bis Menzingen verfolgen lässt. In den folgenden Rückzugsphasen bewirkten die am Gletscherrand abfliessenden Bäche und Flüsse infolge der zunehmend tiefer liegenden Vorflut eine verstärkte Erosion. Das Abschmelzen des Eises ergab sich nicht kontinuierlich, sondern war zeitweise stark beschleunigt, dann wieder verlangsamt. Dies hatte zur Folge, dass sich in den Phasen mit nur langsamem Abschmelzen am Gletscherrand Abflusstäler bildeten, welche nach einer Phase mit schnellem Abschmelzen trocken fielen, so dass in den nachfolgenden Ruhephasen neue Abflusstäler auf tieferem Niveau angelegt wurden. Durch das Gebiet von Menzingen flossen zunächst nicht nur die randglazialen Schmelzwasserbäche des Linth-Rhein-Gletschers, sondern insbesondere auch jene aus dem schwyzerischen Sihltal, welche von den abschmelzenden Sihl- und Alpgletschern gespeist wurden. Damit setzte ein ausgeprägter Erosionsprozess ein, welcher zur Bildung tiefeingeschnittener Täler und zahlreicher «Moränenhügel» führte. So entstanden nacheinander von Westen nach Osten abgestaffelt die Abflussrinnen des Edlibaches, des Sarbaches und schliesslich das Sihltal.

Das heutige Landschaftsbild im Raum Menzingen–Neuheim ist somit nachweisbar zum grossen Teil durch fluviale Erosion geformt worden. Es ist nicht das morphologische Abbild ungestörter Moränenbildungen.

6.8 Gebiet zwischen Albis und Knonauer Amt (ZH)

Die Morphologie des Knonauer Amtes wird von WAGNER (2002) zum grossen Teil auf Mittelmoränenaufschüttungen in Form von breiten Strängen zurückgeführt, welche er dem Reussgletscher zuschreibt. Aufgrund von zahlreichen Bohrungen und Aufschlüssen in Kiesgruben bei Knonau und Tambrig handelt es sich bei den erwähnten Hügeln um Lockergesteinskörper, die vollständig aus Grundmoräne bestehen und unter dem Eis abgelagert worden sind. Es wurden nirgends Obermoränenablagerungen beobachtet.

Eine «Transfluenz» der Mittelmoräne des Linthgletschers ins Knonauer Amt während der letzten Eiszeit, wie sie WAGNER (2002) postuliert, entbehrt jeder Grundlage, denn während der letzten Vergletscherung floss nachweislich kein Lintheis ins Knonauer Amt. Dies kann anhand der dort vorhandenen Erratikergesellschaften, welche von typischem Gruontal-Konglomerat (wichtigstes Leitgestein des Muota-Reussgletschers) dominiert werden, klar nachgewiesen werden. Material des Linthgletschers fehlt vollständig.

Bei der «Präwürm-Hirzel-Moräne» auf dem Albisgrat, die von WAGNER (2002) als Mittelmoränenablagerung des Linthgletschers gedeutet wird, handelt es sich um eine über 60 m mächtige komplexe Abfolge von fluvioglazialen Reuss-Schottern, Grundmoränen sowie eisrandnahen Schottern des Linthgletschers. Es ist aufgrund der Petrographie und der Fazies unhaltbar, diese Ablagerungen auf Mittelmoränen zurückzuführen.

Die über 300 m mächtigen Quartärablagerungen in der Molassetalung Richterswil–Zug können nicht als «immer wieder überfahrene und gepresste Obermoränen» (WAGNER, 2002) interpretiert werden. Diese Verfüllung einer alten Quartärtalung, deren Fortsetzung Baar–Knonau–Maschwanden aus zahlreichen Bohrungen bekannt ist, entspricht einer komplexen, mehrere Vereisungszyklen umfassenden Abfolge von verschiedenen Lockergesteinskörpern. Diese können aufgrund ihrer Ausbildung und Eigenschaften bestimmten Ablagerungsmilieus zugeschrieben werden (eiszeitliche Seeablagerungen, Seebodenmoränen, Grundmoränen, fluvioglaziale Schotter, eisrandnahe fluvioglaziale Schuttablagerungen, Bodenbildungen usw.). Eine Simplifizierung im Sinne von G. Wagner entbehrt jeder Grundlage.

6.9 Der Rhonegletscher im Oberaargau (BE/SO)

Die Verteilung der Leitgesteine aus den südlichen Walliser Tälern im Mittelland weist auf ein ausserordentlich komplexes Fliessen des Rhonegletscher-Eiskörpers hin (KELLY et al., im Druck). Die Darstellung in WAGNER (2001: 230, Abb. 7) trägt dieser Komplexität nicht Rechnung. Insbesondere ist seine Detailinterpretation (WAGNER, 2001: 230, Abb. 6) zwischen den Flüssen Dünern und Pfaffnern im Oberaargau ohne jegliche geologische Grundlage vorgenommen worden. Wenn wenigstens der Verlauf der anstehenden Molasse und die tektonischen Strukturen berücksichtigt worden wären (abgesehen von der Komplexität der Lockergesteine), so hätte G. Wagner auffallen müssen, dass er Molasserücken zu Mittelmoränen umfunktioniert hat (GERBER und WANNER, 1984; LEDERMANN, 1977; JORDI et al., im Druck). Die Wagner'sche Interpretation dieser Landschaft als «hummocky moraine landscape» ist in dieser von Molasserücken durchsetzten Landschaft schlicht falsch (u. a. DILABIO und SHILTS, 1979).

6.10 Der Hüenerbüel in Bolligen (BE)

Dieser Geländesporn – der erste von G. Wagner als Mittelmoränenaufschüttung interpretierte Hügel – springt vom Fuss des Bantigers in Richtung Westen ins Worbletal vor. Er ist ca. 500 m lang, 300 m breit, von annähernd dreieckigen Grundriss und weist eine Höhe von rund 40 m auf. Seine Orientierung unterscheidet sich deutlich von derjenigen der Moränenwälle weiter worbletalaufwärts bzw. -abwärts. Ausgehend von der Anordnung der geomorphologischen Elemente am Südhang des Bantigers gelangte WAGNER (1986) zum Schluss, dass während einer letzteiszeitlichen Rückzugsphase sich der vereinigte Rhone-Aare-Gletscher an diesem Hang gabelte, wobei das Zungenende des Aaregletschers entgegen der heutigen Fliessrichtung der Worble ins Worbletal drang – eine Idee, die bereits GERBER (1955) skizziert hatte – und dass es sich beim Hüenerbüel um eine Anhäufung von Material aus der Mittelmoräne zwischen Rhone- und Aaregletscher handeln müsse. Angaben über den internen Aufbau des Hüenerbüels liefert GERBER (1955), der die Schichtfolge in einer heute aufgelassenen und überbauten Kiesgrube auf der Hügelkuppe wie folgt beschreibt (s. a. Abb. 2 in WAGNER, 1986):

- 3 m Grundmoränenlehm, maximal
- 6 m Sand und Kies, waagrecht gelagert
- 5 m löcherige Nagelfluh [= partiell verkittete Schotter]
- 6 m feiner Sand
- 4 m feiner Sand mit deutlichem Fallen gegen das Worbletal.

Im unteren Teil des Hügels steht «sandig-lehmige Moräne» (GERBER, 1955) an, wobei es nicht klar ist, ob sie zur deckenden Moränenlage oder zu einer älteren, die oben beschriebene Abfolge unterlagernden Moräne gehört. Die Schotter weisen Ähnlichkeiten mit den weiter worbletalaufwärts anstehenden Karlsruhe-Schottern auf (= Vorstoss-schotter der letzten Vergletscherung, GRUNER, 2001). Beim Hüenerbüel, laut WAGNER (1997) «schönstes Beispiel einer frontal gestauchten Mittelmoräne», handelt es sich um einen Schotterkörper, möglicherweise ein Erosionsrelikt eines einst grösseren Vorkommens, der von einer vergleichsweise geringmächtigen Grundmoränenschicht bedeckt ist.

6.11 Die Terrasse von Sinneringen (BE)

Diese zweistufige Terrasse liegt talaufwärts des Hüenerbüels an der Nordseite des Worbletals. Sie weist ein talaufwärts und zur Talflanke hin gerichtetes Gefälle auf. Der Aufbau des oberen Terrassenteils ist aus einer grossen Baugrube an seinem südwestlichen Rand bekannt, wo über kiesiger Moräne eine mehr als 10 m mächtige Lage von glazialtektonisch deformierten randglazialen Sanden folgt, in welche mit fluvio-glazialen Schottern gefüllte Rinnen eingetieft sind (GRUNER, 2001; s. a. GERBER, 1955). Der untere Terrassenteil besteht aus groben fluvio-glazialen Schottern mit einer geringmächtigen, lückenhaften Grundmoränenbedeckung. Bei der Terrasse von Sinneringen handelt es sich um eine unmittelbar am Gletscherrand geschüttete, morphologisch mit einer Kamesterrasse vergleichbare Ablagerung (GRUNER, 2001), die in einem eisfreien Loch zwischen einem von unten und einem von oben her ins Worbletal eindringenden Arm des Aaregletschers gebildet wurde. Anzeichen einer Anhäufung von Mittelmoränenschutt (aaregletscherinterne Mittelmoräne «A III», WAGNER, 1999) finden sich keine.

7 DAS «MITTELMORÄNEN-MODELL» – EIN ERNST ZU NEHMENDES WISSENSCHAFTLICHES KONZEPT?

Moderne Untersuchungen – nicht nur in der geowissenschaftlichen Forschung – beruhen zunächst auf einer gründlichen, nachvollziehbaren Grundlagenbeschaffung; beinhalten sodann eine detaillierte Analyse und Darstellung der Befunde und münden schliesslich – unter Einbezug möglichst vielfältiger, plausibler Varianten – in einer realistischen Interpretation der Beobachtungen. Wie eingangs dargelegt, beruht die geologische Forschung auch heute noch weitgehend auf dem Prinzip des Aktualismus. Die wissenschaftliche Auseinandersetzung (in diesem Fall mit eiszeitgeologischen

Fragestellungen) hat – gemäss dem oben genannten Vorgehen – demzufolge zwei Betrachtungsweisen zu berücksichtigen: Einerseits hat sie sich mit den aktuellen geologischen Vorgängen und deren Produkten zu befassen; andererseits gilt es, die Feldbefunde (Gesteine und Landschaftsformen) unter den genannten Aspekten konkret zu deuten.

Das MMM entspricht diesem grundlegenden Anspruch in keiner Weise. Es werden keine nachvollziehbaren Mechanismen beschrieben, welche auf Gletschereis liegende Schuttansammlungen zu den postulierten Mittelmoränen (im Sinne einer Geländeform) formen würden. Es wird zudem auch nirgends die Charakteristik der Sedimente beschrieben, die bei der Umlagerung von Mittelmoränen entstehen. So mangelt es aus sedimentologischer Sicht auch an griffigen Kriterien, welche eine Unterscheidung von Mittelmoränenablagerungen von anderen Bildungen des Gletschermilieus ermöglichen könnten. Wenn WAGNER (2003, S. 73) schreibt: «Die sedimentologischen Eigenschaften der Deckenschotter stehen unseres Erachtens nirgends im Widerspruch zum Mittelmoränen-Konzept . . .», hat er tatsächlich Recht. Sie können dem MMM gar nicht widersprechen, denn dieses beinhaltet keinerlei Aussagen zur Sedimentologie, denen widersprochen bzw. zugestimmt werden könnte.

8 FAZIT

Es ist in heutigen Wissenschaftskreisen nicht üblich, neue, selbst ungewohnte und allenfalls verblüffend einfache Ideen und Konzepte ohne kritische Überprüfung a priori zu verwerfen. Zu oft schon haben sich solche Ablehnungen – meist waren sie durch persönliche Voreingenommenheit motiviert – im nachhinein als voreilig und ignorant erwiesen. Umgekehrt sollten aber neue Ideen und Denkmodelle formal wie inhaltlich in einer Art und Weise in die Diskussion eingebracht werden, welche eine Verifikation bzw. Falsifikation anhand von objektiven Gesichtspunkten ermöglicht. Solange diesem Anspruch nicht Genüge getan ist, muss ein neuer Ansatz – in diesem Fall das «Mittelmoränen-Modell» – als Beitrag zur Beantwortung zugegebenermassen wichtiger Fragestellungen der Eiszeitgeologie als verfehlt beurteilt werden. Eine solche kritische Beurteilung drängt sich hier zweifellos auf. Es erstaunt umso mehr, als dass der Autor G. Wagner sich u. a. mit seinem hervorragenden Werk «Flora helvetica» in seiner angestammten Disziplin, der Botanik, als Wissenschaftler bereits eindrücklich ausgewiesen hat.

Es hätte allen Fachleuten – Befürwortern und Skeptikern des MMM – grösseren Nutzen gebracht, wenn die geologisch-geomorphologischen Grundlagen systematisch und

nachvollziehbar erarbeitet und in Fachkreisen vorgängig (zugegebenermassen kontrovers) evaluiert und ausdiskutiert worden wären. Solche Arbeiten einfach den «jungen Geologen» zuzuweisen (HANTKE in WAGNER, 2002, S. 163), ist zu einfach. Sie müssen von den Hauptprotagonisten erledigt werden.

Leider wird der Autor G. Wagner mit der Art und Weise, wie er seine Theorie vertritt und verbreitet, langfristig wohl das Gegenteil dessen erreichen, was er beabsichtigt, nämlich dass sein «Mittelmoränen-Modell» dereinst einen wertvollen Beitrag zum Verständnis der eiszeitlichen Vorgänge beitragen könnte. Wir sehen im Moment wenig Chancen für den von HANTKE (in WAGNER, 2002) geäusserten Wunsch: «Es bleibt zu hoffen, dass die Mittelmoränen-Optik von der «wissenschaftlichen Prominenz» ernst genommen wird ...».

9 LITERATUR

- DILABIO, R.N.W. & SHILTS, W.W. 1979. Composition and dispersal of debris by modern glaciers, Bylot Island, Canada. In: «Moraines and varves», C. SCHLÜCHTER (Ed.), pp. 145–156. – Balkema, Rotterdam.
- HANTKE, R. 1962. Zur Altersfrage des höheren und tieferen Deckenschotter in der Nordschweiz. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 107 (4), 221–232.
- HANTKE, R. & WAGNER, G. Im Druck. Mittelmoränen als Schuttlieferanten der Thurgauer Deckenschotter. – Mitt. thurg. natf. Ges. 54.
- GERBER, E. 1955. Ergebnisse glazialgeologischer Studien nordöstlich von Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 12, 3–21.
- GERBER, M.E. & WANNER, J. 1984. Blatt 1128 Langenthal. – Geol. Atlas der Schweiz 1:25 000, Karte 79.
- GRAF, H.R. 1993. Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. – Diss. ETH Zürich Nr. 10 205.
- GRAF, H.R. 2000. Quartärgeologie zwischen Rhein, Thur und Aare (Kantone Aargau, Zürich, Schaffhausen). Exkursion G am 28. April 2000. – Jber. Mitt. oberrh. Geol. Ver. [N.F.] 82, 113–130.
- GRAF, H.R. Im Druck. Die Deckenschotter zwischen Bodensee und Schaffhausen sowie im Klettgau (Schweiz, Baden-Württemberg).
- GRAF, H.R. Im Druck. Mittel- und Oberpleistozän in der Nordschweiz. – Beitr. Geol. Karte Schweiz [N.F.] 168.
- GRUNER, U. 2001. Blatt 1167 Worb (mit Beiträgen von R. BURKHALTER). – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 104.
- JORDI, H.A., GERBER, M.E. & BITTERLI, T. Im Druck. Blatt 1108 Murgenthal. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Karte 113.
- KELLY, M.A., BUONCHRISTIANI, J.-F. & SCHLÜCHTER, C. Im Druck. A reconstruction of the last glacial maximum (LGM) ice surface geometry in the western Swiss Alps and contiguous Alpine regions in Italy and France. – Eclogae geol. Helv.

LEDERMANN, H. 1977. Blatt 1127 Solothurn. – Geol. Atlas der Schweiz 1:25 000, Karte 72.

LOCHER, T. 1973. Geologische Ergebnisse der Voruntersuchungen für die projektierte SBB-Zürichberglinie. – Schweiz. Bauztg. 91 (19).

LYELL, C. 1830–33. Principles of geology. Being an attempt to explain the former changes in the earth's surface, by references to causes now in operation (3 Vol.). – John Murray, London.

MAISCH, M. 2000. Landschaft und Naturraum – Verständnis der Landschaftsindividualität aus der regionalen Naturgeschichte. In: «Eine Landschaft und ihr Leben: das Zürcher Oberland – vom Tierhag zum Volkiland», B. NIEVERGELT & H. WILDERMUTH (Hrsg.), pp. 13–64. – vdf Hochschulverlag, ETH Zürich.

OCHSNER, A. 1975. Blatt 1133 Linthebene. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 53.

PAVONI, N., JÄCKLI, H. & SCHINDLER, C. 1992. Blatt 1091 Zürich. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Karte 90.

SCHINDLER, C. 1971. Geologie von Zürich und ihre Beziehung zu Seespiegelschwankungen – Vjschr. natf. Ges. Zürich 116 (2), 288–315.

SCHINDLER, C. 1974. Zur Geologie des Zürichsees. – Eclogae geol. Helv. 67 (1), 163–196.

SCHINDLER, C. 1981. Geologische Unterlagen zur Beurteilung archäologischer Probleme in den Seeufergebieten. In: Zürcher Seeufersiedlungen, von der Pfahlbauer-Romantik zur modernen archäologischen Forschung. – Helvetica archaeol. 12, 71–88.

SCHINDLER, C. Im Druck. Zum Quartär der Linthebene zwischen Luchsingen, dem Walensee und dem Zürcher Obersee. – Beitr. Geol. Karte Schweiz [N.F.] 169.

SCHLÜCHTER, C., MAISCH, M., SUTER, J., FITZE, P., KELLER, W.A., BURGA, C.A. & WYNISTORF, E. 1987. Das Schieferkohleprofil von Gossau (Kanton Zürich) und seine stratigraphische Stellung innerhalb der letzten Eiszeit. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 132 (3), 135–174.

WAGNER, G. 1986. Die eiszeitlichen Moränen von Aare- und Rhonegletscher im Gebiet des Worblentals bei Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 43, 63–110.

WAGNER, G. 1997. Eiszeitliche Mittelmoränen im Berner Mittelland. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 54, 91–137.

WAGNER, G. 1999. Wie das Worblental eisfrei wurde. Glazialmorphologische Beobachtungen und Deutungen nordöstlich von Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 56, 47–75.

WAGNER, G. 2001. Mittelmoränen eiszeitlicher Alpengletscher in der Schweiz. – Eclogae geol. Helv. 94 (2), 221–235.

WAGNER, G. 2002. Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich, 1. Teil: Gebiet des Linthgletschers in der Zürichsee-Talung und im Knonauer Amt. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 147 (4), 151–163.

WAGNER, G. 2003. Eiszeitliche Mittelmoränen im Kanton Zürich, 2. Teil: Linth-/Rhein-Gletscher im Glattal, Gletschergebiete von Reuss und Thur/Rhein. – Vjschr. natf. Ges. Zürich, 148 (3), 67–77.

WAGNER, G. & HANTKE, R. Im Druck. Mittelmoränen der letzten Eiszeit im Thurgau. – Mitt. thurg. natf. Ges. 54.

WYSSLING, G. 2002. Die Ur-Sihl floss einst ins Reusstal. – Vereinigung Pro Sihlthal 52, 1–14.

H.R. Graf, Dr. sc. nat., Dorfstrasse 119, 8214 Gächlingen

R. Burkhalter, Dr. phil. nat., Farbstrasse 37, 3076 Worb

Th. Gubler, dipl. geol., Aeschenstrasse 11, 8873 Amden

O. Keller, Dr. phil., Sonderstrasse 22, 9034 Eggersriet

M. Maisch, Dr. phil., Geerenackerstrasse 13, 8044 Gockhausen

C. Schindler, Prof. Dr. sc. nat., Schwerzestrasse, 8618 Oetwil am See

Ch. Schlüchter, Prof. Dr. sc. nat., Bahngässli 17, 3053 Münchenbuchsee

G. Wyssling, Dr. sc. nat., Rebbergstrasse 11, 8820 Wädenswil