

Eiszeitliche Mittelmoränen im Berner Mittelland

Autor(en): **Wagner, Gerhart**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft in Bern**

Band (Jahr): **54 (1997)**

PDF erstellt am: **06.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-318598>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.

Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.

Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Gerhart Wagner*

Eiszeitliche Mittelmoränen im Berner Mittelland

Mit einer Karte 1:25 000

Inhaltsverzeichnis

I. Einleitung	91
II. Eiszeitliche Mittelmoränen in der bisherigen Literatur	93
III. Allgemeines über Mittelmoränen	95
1. Literaturauszüge	95
2. Die Bedeutung von Mittelmoränen bei alpinen Gletschern	98
3. Morphologie der eiszeitlichen Mittelmoränen-Aufschüttungen	101
A. Grundgestalt eines terminalen Mittelmoränen-Endkeils auf ebenem Grund	101
B. Variabilität der Mittelmoränen-Endaufschüttungen	102
IV. Mittelmoränen-Endaufschüttungen in der weiteren Umgebung von Bern	103
1. Beschreibung von einzelnen Mittelmoränen-Endaufschüttungen	105
A. Mittelmoränen zwischen Teilgletschern des Aaregletschers	105
B. Mittelmoränen zwischen Aare- und Rhonegletscher	112
C. Mittelmoränen zwischen Teilgletschern des Rhonegletschers	116
2. Der Moränenkranz von Bern und seine Fortsetzung am Längenberg	119
3. Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen	122
V. Ausblick auf andere Gebiete der Schweiz	133
VI. Zusammenfassung	135
VII. Literatur	136

I. Einleitung

Die Entdeckung mehrerer Stadien einer grossen Mittelmoräne zwischen eiszeitlichem Aare- und Rhonegletscher nordöstlich von Bern (Burech und Hüenerbüel bei Bolligen, Schärmenwald südlich Ittigen, vgl. WAGNER 1986) veranlasste den Verfasser, der Frage nachzugehen, ob in der weiteren Umgebung von Bern nicht auch Mittelmoränen zwischen Teilgletschern des Aare- und solchen des Rhonegletschers aufzufinden seien. Die im Abschnitt «Allgemeines über Mittelmoränen» dargelegten Gedankengänge liessen dies wahrscheinlich erscheinen.

* Adresse des Autors: Im Baumgarten 10, 3066 Stettlen

Der Ansatz erwies sich als brauchbar. Mit der vorliegenden Publikation möchte der Verfasser auf die grosse morphologische Bedeutung von Mittelmoränenbildungen im Zungengebiet der eiszeitlichen Alpengletscher aufmerksam machen und zu weiteren Arbeiten in diesem Themenbereich anregen. Die Studie basiert im wesentlichen auf zwei Grundlagen: auf den bestehenden geologischen Karten und auf den sichtbaren Geländeformen. Sie lebt weitestgehend von der morphologischen Evidenz, eigentliche Beweise bringt sie nicht. Für die Beurteilung der Geländemorphologie war die Landeskarte 1:25 000 sehr hilfreich. Es wurden jedoch alle behandelten Strukturen auch an Ort und Stelle angeschaut. Die Untersuchung orientiert sich zudem an Bildern und an der sichtbaren Arbeitsweise der heutigen alpinen Gletscher. Auf den inneren Bau der Mittelmoränen-Endaufschüttungen und auf die Art des vorkommenden erratischen Gesteins wird nur ausnahmsweise eingegangen. So bleibt auch das Problem der in Frage kommenden Teilgletscher im allgemeinen offen. Es ist zu hoffen, dass sich spätere Bearbeiter diesen Themen zuwenden werden.

Die Arbeit bringt also keine neuen Fakten, nur neue Betrachtungsweisen und Interpretationen. Wenn diese den Fachgeologen da und dort als zu gewagt oder zu weitgehend erscheinen sollten, so mögen sie dies dem Aussenseiter verzeihen. Er ist für Kritik und Anregungen empfänglich. Die Arbeit ist in erster Linie als lokaler heimatkundlicher Beitrag zum Verständnis gewisser Landschaftsformen, erst in zweiter Linie als Beitrag zur Quartärgeologie gedacht. Es schien daher richtig, eine relativ grosse Zahl von Beispielen zu berücksichtigen und der grossen Variabilität der Formen genügend Aufmerksamkeit zu schenken. Als veranschaulichende heimatkundliche Beiträge, nicht zuletzt zuhanden der Lehrerschaft, sind auch die beiden Versuche von Darstellungen der eiszeitlichen Landschaft in *Abbildung 10* und *Abbildung 14* zu verstehen.

Der Verfasser durfte die Hilfe zahlreicher Fachleute und Freunde in Anspruch nehmen. Die Professoren CHRISTIAN SCHLÜCHTER und RENÉ HANTKE begleiteten ihn auf verschiedenen Exkursionen und trugen zur fachkundigen Geländebeurteilung bei. DR. WERNER FLÜCK und DR. RETO BURKHALTER studierten den Manuskriptentwurf und veranlassten mit ihrer kompetenten Kritik manche Verbesserung und die Ausmerzung von Fehlern. PROF. BRUNO MESSERLI förderte die Arbeit mit kritischen Fragen, ermutigte den Verfasser aber auch mit freudvoller Anerkennung zu vertieftem Durchdenken der aufgeworfenen Probleme. ERICH BLUMER und HUGO ZWAHLEN von den geologischen Dokumentationsstellen des Bundesamtes für Umwelt, Wald und Landschaft (BUWAL) bzw. des Wasser- und Energiewirtschaftsamtes des Kantons Bern (WEA) halfen in sehr zuvorkommender Weise beim Aufspüren und Auswerten dokumentierter Bohrungen. HANS GRAF und MARTIN RYSER bemühten sich mit ihren künstlerischen Fähigkeiten, den Vorstellungen des Verfassers gerecht zu werden (*Abb. 10* und *Abb. 14*). Allen diesen Helfern sei hier für ihre wertvolle Unterstützung herzlicher Dank ausgesprochen.

II. Eiszeitliche Mittelmoränen und Drumlins in der bisherigen Literatur

In ARMIN BALTZERS grosser Monographie «Der diluviale Aaregletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern mit Berücksichtigung des Rhonegletschers» (BALTZER 1896) wird die Frage einer Mittelmoräne zwischen Aare- und Rhonegletscher nicht gestellt, wie überhaupt das Thema Mittelmoränen nur nebenbei berührt wird: Das kleine, mit «Mittelmoränen» überschriebene Kapitel (S. 72/73) bezieht sich nur auf Mittelmoränen innerhalb des Aaregletschers. Es seien daraus die folgenden Stellen zitiert:

«Ein sehr schönes Beispiel einer Mittelmoräne bildet die Mittelmoräne bei Muri, welche sich direct 2,3 km weit verfolgen lässt, vielfach stark unterbrochen aber circa 13 km weit reicht. Sie besitzt eine Maximalhöhe von 20 m und stösst direct an eine Endmoräne, von der sie im rechten Winkel abgeht.»

«Eine prachtvolle Mittelmoräne... ist die, welche von Allmendingen am Thunersee gegen den Kandereinschnitt, Einigenwald und Äschi verläuft. Sie trägt den Strättli-enthurm und ist weithin vom See aus sichtbar. Als Mittelmoräne documentirt sie sich dadurch, dass sie Kander- und Aaregletschermaterial führt, und dass nach BACHMANN von ihr aus Endmoränenstücke sich sowohl nach West als nach Ost umbiegen.»

Erstaunlich ist der dann anschliessende allgemeine Passus über Mittelmoränen:

«...wesentliche Unterschiede von den Seitenmoränen, aus denen sie meist entstehen, zeigen sie natürlich nicht.»

Das stimmt zwar für den Gesteinsinhalt der Mittelmoränen, nicht aber für ihre Morphologie. Die Interpretation gewisser kurzer Moränenformen bereitete BALTZER denn auch Mühe. Er suchte in ihnen jedoch nicht Mittelmoränen-Endstücke, sondern glaubte, sie als Drumlins einordnen zu müssen:

«Bisher wusste ich nicht, was ich aus gewissen flachen, rundlich-länglichen Hügeln, die sich einem seitlichen Moränenzug nicht einfügen wollten, sondern mitten im Thal stehen, machen sollte. Ich hielt sie z.T. für Anschwellungen der Molasse und sie wurden nicht eingezeichnet. Ich glaube jetzt, dass solche Hügel zwischen Trimstein, Worb und Wyl, ferner nördlich der Aare im nordwestlichen Quadranten der Karte zwischen Worblaufen, Bolligen und Zollikofen, sowie bei Bolligen selbst, zum Theil Drumlins sind, d.h. unter dem Eis durch den Druck desselben aus Grundmoräne erzeugte Formen.» (l.c. S. 62)

Dies ist die einzige Stelle, an der BALTZER in seiner Monographie von Drumlins spricht. Dagegen erwähnt NUSSBAUM 1920 das Vorkommen von Drumlins «in den Moränengebieten des diluvialen Rhone- und Aaregletschers im Kanton Bern». Er findet solche vorwiegend «im flacheren Lande westlich und nördlich von Bern, also im Moränengebiet des Rhonegletschers, ...wo sie geradezu in Schwärmen auftreten.» «Eine besonders gut entwickelte Drumlinlandschaft stellt das Forstplateau zwischen den tief eingeschnittenen Tälern der Sense, der Saane und der Aare dar. Drumlin dieser Landschaft lassen sich bis zum Niederterrassenfeld des Aaregletschers in der Umgebung von Bümpliz nachweisen.» NUSSBAUM weist dann weiter auf gute Drumlinlandschaften in der südöstlichen Hälfte des Frienisbergplateaus, in der Gegend von Uetligen, Kirch-

lindach und Münchenbuchsee, auf dem Plateau von Rapperswil, namentlich östlich Lyss und auf den welligen Plateaus des Bucheggberges hin. «Im Aaregletschergebiet glaube ich die Moränen in der Umgebung von Bolligen, die A. HEIM in der «Geologie der Schweiz» als Drumlin bezeichnet, als Endmoränen einer Rückzugsphase der Würmeiszeit des Aaregletschers betrachten zu sollen. Dagegen erscheint die bekannte Moränenlandschaft von Amsoldingen als eine gut ausgeprägte Drumlinlandschaft.» (Alle Zitate l.c. S. 106–107).

In der näheren Umgebung von Bern sieht also NUSSBAUM im Aaregletscherareal keine Drumlins, was uns richtig scheint. Die von BALTZER erwähnten Formen zwischen Trimstein, Worb und Wyl (= Schlosswil) müssen anders gedeutet werden.

Nicht nur bei BALTZER, auch bei den späteren Bearbeitern des Gebietes (AEGERHARDT 1912, GERBER 1919–1955, NUSSBAUM 1920–1922, BECK 1932, RUTSCH 1927–1967, SCHLÜCHTER 1973, 1995, GRAUL und LOESCHER 1979) sowie in der allgemeinen quartärgeologischen Literatur werden die Mittelmoränen kaum behandelt. Obschon es sich, wie wir noch zeigen werden, um häufige und morphologisch durchaus charakteristische Formen handelt, gibt es unseres Wissens bisher keine geologischen Karten, die Mittelmoränen als solche bezeichnen. Die entsprechenden Hügel wurden entweder als kurze Wallmoränen, als Drumlins oder einfach als «Moräne i.allg.» kartiert. In ALBERT HEIMS «Geologie der Schweiz» 1919 werden sie als «Obermoränendrumlin» den echten, aus Grundmoräne gebildeten Drumlins gegenübergestellt (S. 262) mit der Beifügung «meistens deponierte lokale Anhäufungen von Mittelmoränen, manchmal transportierte Bergstürze.» (Dies ist, soweit wir sehen, die einzige Stelle, wo HEIM 1919 den Begriff Mittelmoräne verwendet.) Dass HEIM damit genau die Mittelmoränen-Endhügel im Auge hat, kann auch aus einer Stelle auf Seite 264 des genannten Werks geschlossen werden, wo er die Drumlinlandschaft beiderseits vom Süden des Lindenberges (Kantone Luzern/Aargau) erwähnt und beifügt: «Die Moränenhügelchen sind vielleicht nicht alle echte Drumlin; manche reihen sich hintereinander wie Stücke einer Längsmoräne.» Auch noch in den neueren geologischen Karten werden klare Mittelmoränen-Endhügel als Drumlins kartiert. Bei der grundsätzlich verschiedenen Entstehungsweise der beiden Bildungen sollte man sie nicht demselben Begriff zuordnen.

Drumlins sind subglaziale Bildungen aus Grundmoränenmaterial. Sie treten im Zungenendgebiet der Gletscher oft schwarmweise auf. Ihre Höhe beträgt nach HEIM 1919 «einige bis zu 10 m, selbst 30 m», nach Klebelsberg 1948 «unabhängig von der Länge 1–70 m». Ihre Form wird von KLEBELSBERG wie folgt beschrieben:

«Drumlins sind in der Bewegungsrichtung des Gletschers längsgestreckte Hügel, welche meist zu mehreren oder vielen in Teilbereichen ehemaliger Gletscherfächer innerhalb der End- und Ufermoränen auftreten... Die Form der Hügel ist von breitovalem bis schmal elliptischem, ja fast walfischartigem Umriss und von schildförmiger Wölbung. Fast immer sind die Hügel hinten... steiler (bis etwa 20°), oft geradezu abgestutzt, vorne sanfter (1–10°), oft ausgezogen. Fast immer liegt der Höhepunkt näher dem Hinterende». (l.c. S. 279)

MENZIES 1996 weist auf die Tatsache hin, dass viele eiszeitliche End- und Mittelmoränen trotz ihrer besonderen Gefährdung durch Erosion heute noch erstaunlich gut erhalten sind:

«Because drainage and fluvial activity was concentrated in valley bottoms, end and medial moraines commonly were not preserved as part of the geomorphic record. Nonetheless, there are many mountain valleys where late Pleistocene forms are extremely well preserved, and the former position of the ice margin easily can be reconstructed.» (p. 153)

III. Allgemeines über Mittelmoränen

1. Literaturauszüge

Zur allgemeinen Charakterisierung der Mittelmoränen, ihrer Entstehung und ihrer Dynamik geben wir zuerst einen Auszug aus den verfügbaren Handbüchern der Gletscherkunde.

Eine sehr anschauliche Beschreibung findet sich schon bei HEIM 1885. Wir zitieren die folgenden Stellen:

«Die Mittelmoränen (Gufferlinien) bilden bald gewaltige Dämme, bald nur schmale, scharf begrenzte Trümmerlinien oder Streifen... Sie laufen untereinander meistens genau parallel und machen alle Biegungen des Thales, denen der Eisstrom sich anschmiegt, mit. Verfolgt man eine Mittelmoräne aufwärts, so gelangt man an den Fuss eines Berggrates, eine Vereinigungsstelle zweier vergletscherter Täler, und beobachtet hier, wie die rechte Seitenmoräne eines linken Zuflusses mit der linken Seitenmoräne eines rechtsseitigen Zuflusses sich zu einer Mittelmoräne des zusammengesetzten Gletschers allmählich vereinigen. Erst bilden sie zwei Schuttwälle nebeneinander, allmählich verschmelzen beide in einen Schuttwall, allein unter deutlicher Scheidung der vielleicht verschiedenen Gesteinsarten.» (S. 345)

«Zwei zusammenfliessende Gletscher oder Firmulden ergeben einen zusammengesetzten Gletscher mit *einer* Mittelmoräne, *drei* zusammenfliessende Teile einen Gletscher mit *zwei* Mittelmoränen. Für jeden weiteren Gletscher, der sich dazu gesellt, vermehrt sich auch die Zahl der Mittelmoränen um eins, so dass ein aus n Wurzeln zusammenlaufender Gletscherstamm im allgemeinen $n-1$ Mittelmoränen aufweist.» (S. 346)

«Ist zwischen zwei starke Eisströmen ein dritter, viel schwächerer eingeklemmt, so wird derselbe derart in eine Lamelle zusammengequetscht, dass schon nach geringer Verbreiterung die beidseitigen Mittelmoränen sich berühren und der eingeklemmte ganz auskeilt oder überwältigt erscheint.» (S. 346/347)

«Ausserdem... verbreitern sich thalauswärts die Mittelmoränen stetig durch seitliches Abrutschen... nach den durch stärkere Ablation daneben gebildeten Vertiefungen. Unter der gewaltigen Mittelmoräne liegt ein Eiswall versteckt, der nur durch eine 30–50 cm, selten 1 m dicke Schuttschicht bedeckt ist.» (S. 347)

«Bei trümmerreichen Gletschern verbreitern sich die Seiten- und Mittelmoränen bis zur Berührung und bilden dann eine ziemlich gleichmässige, das Eis überall verhüllende und gleichmässig schützende Schuttdecke. (...) Die Mittelmoräne des Unteraargletschers erhält allmählich eine Höhe von 42 m und eine Breite, die gegen das Ende auf mehr als 200 m wächst.

Schon aus grosser Entfernung sieht man oft, dass die verschiedenen Mittelmoränen auffallend verschiedene Farben haben, was auf verschiedene Gesteine an ihren Bildungsherden hinweist. Selbst innerhalb einer Mittelmoräne und da, wo der ganze Gletscher mit Schutt überdeckt ist, hält die regelmässige streifenförmige Anordnung der verschiedenen Gesteinsarten an.» (S. 347/348)



Abbildung 1: Yentna Glacier, Alaska Range (Denali) als Beispiel eines heutigen Gletschers vom alpinen Typ mit mehreren verschiedenartigen Mittelmoränen. Foto Willi C+P Burkhardt, Buochs, 1983.

Eine Beschreibung der Endaufschüttungen findet sich bei HEIM 1885 nicht, jedoch bei KLEBELSBERG 1948:

«Wo die Mittel- oder Zwischenmoräne in die Stirn- oder Endmoräne mündet, ist diese im Grundriss, häufig auch der Höhe nach, verstärkt, ihr Innenrand springt von beiden Seiten her spornförmig gletscheraufwärts vor, der Sporn leitet in den First der Mittelmoräne über.» (S. 165)

KLEBELSBERG gibt dazu eine Abbildung des Niederjochferners, an dessen Zungende die Mittelmoräne in einen klassischen keilförmigen Endhügel auf wenig geneigter Unterlage ausmündet.

«Dass die Komponenten auch bei straffer und langer Zusammenfassung im Talgletscher grundsätzlich ihre Selbständigkeit bewahren, ... geht daraus hervor, dass sie gegen das Gletscherende hin bei räumlicher Begünstigung wieder selbständig werden, gabelförmig auseinander gehen können» (S. 174)

BENNETT & GLASSER 1996 beschreiben ausführlich die Dynamik von Mittelmoränen und geben den folgenden wichtigen Hinweis auf ihren inneren Bau: «The medial moraine consists of a debris-covered ice ridge which extends down the trunk of the glacier and marks the line of suture between the two glaciers. It is important to note that the moraine is the surface expression of a vertical debris septa within the glacier which may extend to the glacier bed.» (p. 150)

SCHREINER 1992 gibt keine nähere Beschreibung der Entstehung und der Dynamik von Mittelmoränen. Deren Ablagerungen fallen bei ihm unter den Begriff «Ablationsmoräne und Endmoräne». Interessant in diesem Zusammenhang ist immerhin der von ihm bei der Behandlung von Endmoränen (S. 33) verwendete Begriff «Aufschüttungsmoräne», deren Material «offensichtlich aus der am Gletscherende aufgehäuften Obermoräne stammt. Man spricht dann von Aufschüttungsmoräne, die wie z.B. die äussere Würmendmoräne des Rheingletschers über 50 m hoch sein kann und offensichtlich bei einem längeren Halt des Gletschers gebildet wurde.» Solche Erscheinungen werden aber bei SCHREINER nur marginal berührt, heisst es doch an anderer Stelle (S. 28): «Die Obermoräne ist im Gebiet der pleistozänen Vergletscherungen selten zu sehen, weil sie in der Regel primär gering mächtig ist und ausserdem zuerst der Verwitterung anheimfällt.»

Bei EHLERS 1994 ist der Begriff Mittelmoräne nicht zu finden, und auch nach Wallmoränen sucht man in dem Werk vergebens. Die Erklärung für diese Absenz gibt EHLERS selbst auf S. 35:

«Das Ausschmelzen von Moränenmaterial ereignet sich nicht nur an der Gletscher-
sohle, sondern auch an der Eisoberfläche. In diesem Fall spricht man von Ablations-
moräne. Die Grundmoränen Norddeutschlands werden selten von Ablationsmoräne
überlagert. Zum einen liegt das daran, dass sich beim nordeuropäischen Inlandeis der
Transport des Gesteinsschutts fast ausschliesslich in den basalen Partien des Eises
abgespielt hat, und dass von vornherein wenig Ausgangsmaterial für die Bildung von
Ablationsmoräne vorhanden war. Zum andern sind vielfach die obersten Partien der
Moränenprofile von späteren Eisvorstössen gekappt oder durch periglaziale Beein-
flussung und Bodenbildung so stark verändert worden, dass eventuell ursprünglich
einmal vorhanden gewesene Ablationsmoränen heute nicht mehr als besonderer Mo-
ränentyp identifiziert werden können.»

Beide zitierten neueren Lehrbücher der Quartärgeologie, SCHREINER und EHLERS, behandeln schwerpunktmässig die für Norddeutschland wichtigen Gletscher vom arktischen Typ und gehen nur wenig auf alpine Gletscher ein.

2. Die Bedeutung von Mittelmoränen bei alpinen Gletschern

Im Gebiet des Alpenvorlandes ergeben sich bezüglich der Bedeutung von Mittelmoränen für die Quartärmorphologie wesentlich andere Aspekte. Hier müssen Mittelmoränen beim Gesteinstransport durch die Gletscher und dementsprechend auch bei der Sedimentation im Eisrandgebiet eine ganz wesentliche Rolle gespielt haben. Dies gilt vor allem für die späten Rückzugsstadien, bei denen die alpinen Gipfel die Einzugsgebiete der Gletscher hoch überragten und diese bis weit ins Zehrgebiet hinein mit reichlich Oberflächenschutt beladen konnten. Die folgenden Überlegungen mögen dies veranschaulichen (vgl. auch *Abb. 1 und 2*).

Wenn zwei Gletscher zusammenfliessen, so entsteht an der Vereinigungsstelle aus den beiden inneren Seitenmoränen, d.h. aus dem Gesteinsschutt, mit dem ihre Randpartien beladen sind, eine Mittelmoräne. Die Hälfte des ursprünglichen Randschuttes wird jetzt also in der Mittelmoräne, die andere Hälfte in den zwei äusseren Seitenmoränen transportiert und zuletzt irgendwo abgesetzt. Stösst ein dritter Gletscher dazu, entsteht eine zweite Mittelmoräne. Sie übernimmt wieder das Material von zwei Seitenmoränen. Die beiden Mittelmoränen transportieren jetzt schon zwei Drittel, die verbleibenden äusseren Seitenmoränen noch ein Drittel des ursprünglich seitlichen Oberflächenschuttes. Und so weiter. In allgemeiner Formulierung: Ein aus n Teilgletschern bestehendes System besitzt $n-1$ Mittelmoränen und 2 Seitenmoränen. Unter der vereinfachten Annahme gleicher Mächtigkeit aller ursprünglichen Seitenmoränen führen die $n-1$ Mittelmoränen $n-1/n$, die beiden verbleibenden Seitenmoränen $1/n$ des ursprünglichen Randschuttes. Diese Aussage wird allerdings abgeschwächt durch die Tatsache, dass die verbleibenden Seitenmoränen auf einer längeren Strecke mit Schutt alimentiert werden können als diejenigen, welche zu Mittelmoränen werden: Diese erhalten von der Vereinigungsstelle an keinen Zuwachs mehr.

Durch Auskeilen kleiner Zwischengletscher, welche den Eisrand nicht erreichen, können sich zwei oder mehr Mittelmoränen zu grossen Mittelmoränensystemen \pm vereinigen.

Im Unterschied zu den Seitenmoränen, welche längs des ganzen Abschmelzgebietes ihren Schutt verteilen können und die klassischen Wallmoränen¹ bilden, können Mittelmoränen ihren Schutt erst dort absetzen, wo sie den Eisrand erreichen, sei dies am Zungenende (terminal) oder irgendwo an der Seite des Eissystems (lateral). Dort wird während einer stationären Phase das Mittelmoränenmaterial auf einer kurzen Strecke als \pm keilförmiger Endhügel zusammengestossen. Der Zuwachs erfolgt dadurch bei den Mittelmoränen in der Längsrichtung des Endhügels, bei den Seitenmoränen in der Breite des Walles. In einem gegebenen Zeitabschnitt einer stationären Phase (eines «Stadiums») lagert eine Mittelmoräne gleichviel Schutt ab wie zwei

¹ MARCINEK 1985 nennt die seitlich vom Gletscher abgesetzten Wälle in Anlehnung an HEIM 1885 «Ufermoränen». Als «Seitenmoränen» bezeichnet er den noch auf dem Gletscher befindlichen Randschutt. Eine begriffliche Unterscheidung zwischen Schutt auf dem Eis und den aus ihm entstandenen bleibenden Strukturen wäre erwünscht, hat sich aber in der Literatur, soweit wir sehen, nicht durchgesetzt.

Randmoränen, und zwar auf einer viel kürzeren Strecke. Aufschüttungen aufeinanderfolgender stationärer Stadien liegen bei den Mittelmoränen tropfenartig hintereinander, bei den Seitenmoränen \pm parallel nebeneinander. Es ist zudem die Tatsache von Bedeutung, dass sich grosse Mittelmoränen im Zehrgebiet infolge der Oberflächenab- schmelzung des Gletschers gegenüber der mittleren Eisfläche stark überhöhen können, indem unter ihnen ein kammförmiger Eiskern entsteht. Man kann dies auch heute beim



Abbildung 2: Schema eines Gletschers mit sieben Teilgletschern, seinen Obermoränen und verschiedenen Formen von Mittelmoränen-Endaufschüttungen. Up = primäre Ufermoräne, Us = sekundäre Ufermoräne, ME = Mittelmoränen-Endaufschüttung, N = Nunatakmoräne, S = Streifmoräne. (Zeichnung von Martin Ryser)

Überqueren eines Gletschers recht eindrücklich erleben. HEIM 1885 gibt die Überhöhung der Mittelmoräne des Unteraargletschers mit 42 m an (vgl. Zitat S. 96). Auf der heutigen Landeskarte 1:25 000 lässt sich die Überhöhung der Lauteraar-Finsteraar-Mittelmoräne mit rund 30 m herauslesen. Daraus erklärt sich die Tatsache, dass Mittelmoränen-Aufschüttungen oft beträchtlich höher sind als die benachbarten Randmoränenwälle: Das Gesteinsmaterial kann hier auf höherem Niveau des Ufergeländes abgesetzt werden.²

Infolge dieser wesentlichen Unterschiede im Mechanismus der Absetzung des Oberflächenschuttes unterscheiden sich Mittelmoränen-Endhügel durch eine andere Morphologie klar von Wallmoränen, aber auch von Drumlins. Im Gegensatz zu den Verhältnissen bei arktischen Gletschern (vgl. das Zitat aus EHLERS, S. 97) handelt es sich im alpinen Raum um eine durchaus charakteristische Begleitform der Eisrandgebiete. Um sie gegen Drumlins einerseits und gegen Wallmoränen andererseits begrifflich klar abzugrenzen, wäre eine prägnante Sonderbezeichnung erwünscht. In Ermangelung einer solchen verwenden wir im folgenden je nach den zur Diskussion stehenden Formen die Ausdrücke «Mittelmoränen-Endkeil», «Mittelmoränen-Endhügel» oder ganz allgemein «Mittelmoränen-Endaufschüttung» (*Abb. 2*).

Bei heutigen alpinen Gletschern lässt sich die Arbeitsweise der Mittelmoränen und die Art ihrer Endaufschüttung an vielen Orten beobachten. Als Beispiel einer terminalen Aufschüttung sei die Mittelmoräne zwischen Morteratsch- und Persgletscher genannt (*Abb. 6* bei WAGNER 1986), als Beispiel einer lateralen Ausuferung die östliche Mittelmoräne des Grossen Aletschgletschers in der Gegend von Punkt 1996, wie sie auf vielen Bildern dieses prächtigen Eisstroms zu erkennen ist. Auch Mittelmoränen-Endaufschüttungen des Stadiums «Kleine Eiszeit», welches vom 17. bis ins 19. Jahrhundert dauerte und dessen Ufermoränen bei den meisten Alpengletschern in die Augen springen, lassen sich in günstigen Fällen auffinden: Diejenige der genannten östlichen Mittelmoräne des Grossen Aletschgletschers ist in der wilden Guferlandschaft zwischen den Punkten 2029 und 2023.4 nordöstlich des Aletschwaldes leicht erkennbar. Die westliche, terminal endende Mittelmoräne schüttete in der Kleinen Eiszeit die chaotische, sich in die Massaschlucht hineinziehenden Trümmerlandschaft vor der heutigen Gletscherzunge. Viele dieser Bildungen aus der Kleinen Eiszeit sind aber, weil in steilem Gelände abgesetzt, wohl schon während ihrer Entstehung durch Verschwemmung wieder weggeräumt worden.

Im folgenden geben wir zunächst eine allgemeine morphologische Charakterisierung der eiszeitlichen Mittelmoränen-Endaufschüttungen und ihrer Variabilität.

² Im oberen Teil der Gletscherzungen können sich Mittelmoränen auch eintiefen, weil bei geringer Dicke oder Dichte des Schuttstreifens dessen Erwärmungswirkung gegenüber der Beschattung überwiegt. Beim Grossen Aletschgletscher liegt z.B. die westliche der beiden grossen Mittelmoränen gemäss Karte 1:25 000 im Gebiet oberhalb des Märjelensees in einer Eisrinne von mehreren Metern Tiefe, während sie unterhalb des Aletschwaldes eine Überhöhung von etwa 20 m erhält. Diese Umkehrung der Einwirkung des Mittelmoränenstreifens auf das Eis erklärt sich aus der Tatsache, dass dieser gegen das Zungenende mit dem Langsamerwerden des Eisflusses breiter und dicker wird, weil in einer gegebenen Teilstrecke von hinten mehr Material nachgeschoben wird als nach vorne abfließt.

3. Morphologie der eiszeitlichen Mittelmoränen-Aufschüttungen

A. Grundgestalt eines terminalen Mittelmoränen-Endkeils auf ebenem Grund (Abb. 3)

- Typische Mittelmoränen-Endkeile sind nicht Wälle, sondern bilateral-symmetrische, in sich geschlossene Hügel (rundum laufende Höhenkurven!) mit einem Vorder- und einem Hinterende.
- Sie beginnen in der Längsrichtung mit einem langsam höher und breiter werdenden «Sporn» oder «Schwanz», der zu einem Kulminationspunkt ansteigt, um von dort nach vorn steil abzufallen.
- Oft weisen sie zwei durch eine flache Eindellung getrennte Kulminationspunkte auf, welche sich in einen rechten und/oder linken Schenkel fortsetzen können.
- Oft ist auch die Frontalseite zwischen den beiden Schenkeln konkav.
- Die Überhöhung des Kulminationspunktes gegenüber dem Untergrund ist beträchtlicher als bei den Seitenmoränen: Sie beträgt bei den Mittelmoränen unseres Gebietes im allgemeinen 10 bis 30 Meter, in einzelnen Fällen noch weit mehr.
- Der Hügel braucht in der Längsachse weder nach vorn noch nach hinten eine direkte Fortsetzung zu haben. Jedoch finden sich in Fällen nahe beieinanderliegender Stadien oft in der ungefähren Achsenrichtung weitere analog geformte Hügel, welche die Mittelmoränen-Endkeile in einem früheren bzw. späteren Gletscherstadium darstellen. Oft schliesst der Kopf eines Mittelmoränen-Endkeils unmittelbar an den Sporn des früheren an, oder die Endkeile sind sogar ineinander verschachtelt (vgl. dazu den Abschnitt IV,3 über Serien von Endaufschüttungen).
- In günstigen Fällen lässt sich aus den Gesteinsspektren links und rechts von der Grenzebene der beiden Teilgletscher die verschiedene Herkunft des Gesteinsmaterials petrographisch nachweisen (vgl. dazu das Zitat aus HEIM 1885, S. 347/348, auf S. 96).
- Durch die besondere Entstehungsweise ergeben sich andersartige und kompliziertere Lagerungsverhältnisse als bei den Wallmoränen. Obermoräne, Schotter und Grundmoräne können am Aufbau beteiligt sein. Zudem kann der longitudinale Druck besondere sekundäre Deformationen erzeugen. Als Beispiel des möglichen Aufbaus einer Mittelmoränen-Endaufschüttung sei die von GERBER 1955 (S. 18) gegebene (bei WAGNER 1986, S. 68/69 zitierte) Beschreibung des grossen Aufschlusses im Hühnerbühl bei Bolligen 1954 genannt: Über Grundmoräne liegt ein

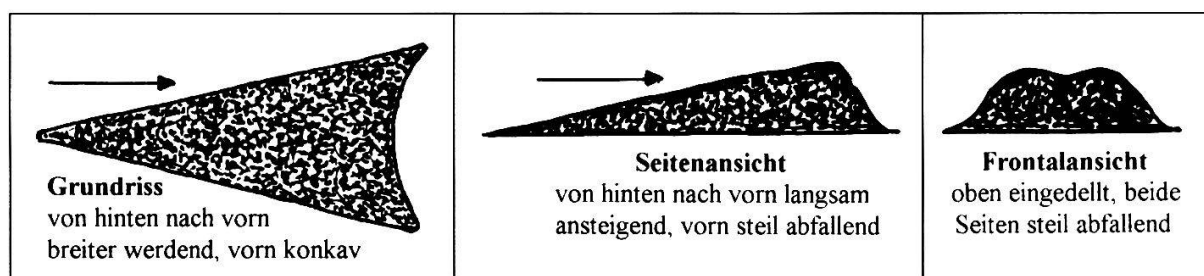


Abbildung 3: Typische Grundgestalt eines terminalen Mittelmoränen-Endkeils auf ebenem Grund.

Schotterkörper, welcher seinerseits von einer Moränenkappe überdeckt ist (vgl. auch *Abb. 13*). Ein genaueres Studium der Sedimentationsverhältnisse in den Mittelmoränen-Endaufschüttungen ist erst noch zu leisten.

- Viele grössere Mittelmoränen-Endhügel haben einen Namen (vgl. *Abb. 5* und *Abb. 9*). Dies hängt damit zusammen, dass es sich im Gelände um lokal markante Einzelstrukturen handelt. Verbindungen mit -berg (M2, M5, M11, M23, M26, M29), -hubel (M6, M8, M10, M14) und -büel (M7, M16, M21) kommen im Bernbiet am häufigsten vor.

Seitenmoränen oder Ufermoränen sind demgegenüber Wälle mit einer \pm gleichmässig fallenden Kammlinie, also in der Längsrichtung offene Formen, im Querschnitt asymmetrisch mit einer steileren Innen- und einer flacheren Aussenseite. Sie wurden als Geländeformen kaum jemals mit einem Namen bedacht.

B. Variabilität der Mittelmoränen-Endaufschüttungen

Je nach den lokalen Gegebenheiten weichen die Mittelmoränen-Endaufschüttungen von der in *Abbildung 3* dargestellten Gestalt ab und nehmen sehr verschiedene Formen an. Was ihre Grösse anbetrifft, so kommen von kleinen und kleinsten, \pm kaulquappenförmigen Strukturen (z.B. bei S4, *Abb. 17*) bis zu ganzen Mittelmoränenlandschaften

A					
Auf ebenem Grund					
1 terminal			2 lateral		
a.Moräne endigt	b.ein Schenkel setzt sich fort	c.beide Schenkel setzen sich fort	a.Moräne endigt	b.ein Schenkel setzt sich fort	c.beide Schenkel setzen sich fort
B					
Auf geneigtem Grund					
1 Grund terminal ansteigend			2 Grund lateral ansteigend		
a.Moräne endigt	b.ein Schenkel setzt sich fort	c.beide Schenkel setzen sich fort	a.Moräne endigt	b.ein Schenkel setzt sich fort	c.beide Schenkel setzen sich fort

Abbildung 4: Typen von Mittelmoränen-Endaufschüttungen in schematischer Übersicht.

(z.B. M31 und M32, *Abb. 9*) alle Übergänge vor. In der Variabilität der Formen lassen sich gewisse Gesetzmässigkeiten erkennen. In *Abbildung 4* wird versucht, diese zu systematisieren. Die meisten Mittelmoränen-Endaufschüttungen lassen sich einem der dort aufgestellten Typen zuordnen oder können als Übergangsformen zwischen zwei Typen angesprochen werden.

Ein Unterschied grundsätzlicher Art besteht zwischen Mittelmoränen-Endaufschüttungen an einem primären Gletscherrand und solchen auf einem Nunatak, d.h. an einem sekundären Eisrand auf einer aus der Eisfläche ragenden Insel. Während an einem ursprünglichen Gletscherrand primäre Ufermoränen gebildet werden können (vgl. *Abb. 2*), ist dies auf einem Nunatak nicht möglich. Er taucht ja zufällig irgendwo aus der Eisfläche auf und wird von keinem primären Gletscherrandschutt erreicht. Anhäufungen von Oberflächenschutt entstehen auf dem Nunatak aber da, wo er von einer Mittelmoräne getroffen wird, d.h. in Gestalt von Mittelmoränen-Endaufschüttungen. Diese können auf dem Nunatak dieselben typischen Formen annehmen wie am primären Gletscherrand. Durch die Fortsetzung von einem oder von beiden Schenkeln des Mittelmoränen-Endkeils können in der Folge auch auf dem Nunatak sekundäre Ufermoränen entstehen.

IV. Mittelmoränen-Endaufschüttungen in der weiteren Umgebung von Bern

Wenn wir die im vorangehenden Kapitel dargelegten allgemeinen Gesetzmässigkeiten auf die weitere Umgebung von Bern anwenden, so können wir die folgenden Feststellungen machen:

Der diluviale Eisstrom aus dem Berner Oberland, den man als Aaregletscher bezeichnet, setzte sich aus vier grossen Hauptgletschern zusammen: Aare-(Haslital-), Lütschinen-, Kander- und Simmengletscher. Jeder von ihnen bestand wiederum aus 2–4 Teilgletschern. Insgesamt müssen wir mit wenigstens 12 grösseren Teilgletschern rechnen. Jeder steuerte zwei Seitenmoränen zum Gesamtsystem bei, von denen aber nur gerade die beiden äussersten im Rang von Seitenmoränen blieben. Die 22 inneren vereinigten sich zu 11 Mittelmoränen. Die vielen kleinen und kleinsten Mittelmoränen, die sich beim Zusammenfluss von Nebentälchen oder Firmulden gebildet haben und die den Rand der Gletscherzunge nicht erreichten, können bei dieser Betrachtung unberücksichtigt bleiben.

Wir dürfen annehmen, dass jedes stationäre Stadium, das sich durch Seitenmoränenwälle zu erkennen gibt, seine Spuren auch in einer entsprechenden Zahl von Mittelmoränen-Endaufschüttungen hinterlassen hat. Die vier von BALTZER 1896 beschriebenen Aaretalstadien des zurückweichenden Würmgletschers müssen also $4 \times 11 = 44$ Mittelmoränen-Endaufschüttungen gebildet haben. Dazu kommen die acht von WAGNER 1986 beschriebenen «Worblentalstadien», welche $8 \times 11 = 88$ terminale und laterale Mittelmoränen-Endaufschüttungen hinterlassen haben können.

Auch wenn man die nacheiszeitliche Erosion in Betracht zieht, welche kleinere Bildungen \pm zum Verschwinden gebracht haben kann, so muss doch ein grosser Teil von ihnen heute noch ebenso zu erkennen sein wie die entsprechenden Seitenmoränen. Im übrigen ist es eher erstaunlich, wie intakt viele eiszeitliche Moränen heute noch dastehen. Ausgenommen in Gebieten lokal begrenzter Bacheinwirkungen scheinen viele von ihnen – abgesehen von der Oberflächenveränderung durch Verwitterung, Humus- und Vegetationsbedeckung – noch fast intakt zu sein. Am stärksten waren die Mittelmoränen-Aufschüttungen sicher zur Zeit ihrer Entstehung der Erosion und Verschwemmung ausgesetzt, da sich in ihrem Bereich grosse Schmelzwasserbewegungen abgespielt haben müssen. In diesem Zusammenhang sind auch die Schotterkörper zu sehen, die sich in den grösseren Mittelmoränen-Endstrukturen auffinden lassen (vgl. z.B. M31, S. 118).

Tatsächlich finden wir, wie im folgenden zu zeigen sein wird, in der weiteren Umgebung von Bern Mittelmoränen-Endaufschüttungen aller Formen und Grössen in reicher Zahl. Hat man erst einmal diesen Typus einer Geländestruktur erfasst, so erklären sich viele bisher schlecht verstandene Geländeformen, insbesondere manche auffällig hohe Einzelstrukturen, die sich keinem Seiten- oder Stimmoränenwall befriedigend zuordnen liessen oder die das allgemeine Niveau dieser Wälle weit überragen, wie von selbst. Um sie zu erkennen, genügt in vielen Fällen ein Vergleich der geologischen Karten mit der aus dem Kartenbild 1:25 000 ersichtlichen Höhenstruktur. Fast alle im folgenden besprochenen Formen sind auf den bestehenden geologischen Karten als Moräne kartiert, sei es als Wall, als Drumlin oder als «Moräne allgemein». In manchen Fällen sind die Moränen erwiesenermassen auf Molassehügel aufgesetzt, bei einigen grossen Mittelmoränen-Endaufschüttungen ohne aufgeschlossene Molasse muss mit einem Molassekern unbekannter Höhe gerechnet werden. Überlagerungen von 20–30 m scheinen jedoch bei den mittelgrossen Strukturen normal zu sein, und bei den grössten muss wohl mit Mächtigkeiten bis über 50 m gerechnet werden¹ (vgl. M31, S. 118). Erratisches Material ist an der Oberfläche in stark wechselnder Masse vorhanden. Gute Aufschlüsse sind leider heute selten. Mancherorts sind einstige Kiesgruben und -grübchen nur noch als vernarbte Wunden im Gelände oder nur auf alten Karten zu erkennen. Mit Ausnahme des Eggwaldes auf der Menziwillegg (Koord. 612/201) handelt es sich bei allen im folgenden beschriebenen und auch bei den übrigen auf der beigegeführten Karte hervorgehobenen Mittelmoränen-Endaufschüttungen um Rückzugsmoränen der letzten Vergletscherung (Würm II). Im Eggwald handelt es sich um eine risseiszeitliche Bildung (bei NUSSBAUM 1922 als Riss-Schotter kartiert, bei GERBER 1927 ausserhalb des erfassten Gebietes).

¹ Trotz der meist geringen Dicke des Mittelmoränenschuttes auf dem Gletscher (vgl. das Zitat von HEIM 1885, S. 347, S. 95 dieser Arbeit) sind Anhäufungen von 50 m und mehr Mächtigkeit an ihrem Ende bei \pm stationären Phasen in der Grössenordnung von einigen hundert Jahren durchaus plausibel.

1. Beschreibung von einzelnen Mittelmoränen-Endaufschüttungen

In der *Abbildung 5* sind zwanzig ausgewählte, verschiedene Varianten repräsentierende Fälle von Mittelmoränen-Endaufschüttungen zwischen Teilgletschern des Aare-systems, in *Abbildung 9* drei zwischen Aare- und Rhonegletscher und neun zwischen Teilgletschern des Rhonesystems nach dem Kartenbild 1:25 000 dargestellt. Die Äquidistanz von 10 m zwischen den Höhenkurven (oft mit punktierten Zwischenkurven) genügt bei Mittelmoränen-Endaufschüttungen mit 20–40 m Überhöhung zur Darstellung ihrer Gestalt. Kleinere mit Überhöhungen von weniger als 10 m, die im Gelände noch klar zu erkennen sind, treten im Kartenbild oft nicht oder nur andeutungsweise in Erscheinung, je nachdem, ob die Höhenkurven auf einer für die Darstellung des Mittelmoränen-Endkeils günstigen Höhe liegen oder nicht. Andererseits kommt es auch vor, dass ein im Gelände nicht auffallender Mittelmoränen-Endhügel am Verlauf einer Höhenkurve erkannt werden kann. In der dieser Arbeit beigefügten Karte 1:25 000 sind die beschriebenen und zahlreiche weitere auf Mittelmoränen zurückzuführende Geländestrukturen im Gebiet östlich von Bern durch Rotfärbung der Höhenkurven hervorgehoben.

Im folgenden beschreiben wir die in *Abbildung 5* und *Abbildung 9* dargestellten Mittelmoränen-Endaufschüttungen aus der weiteren Umgebung von Bern in der Reihenfolge ihrer Nummern. In Klammern weisen wir auf die mögliche Zuordnung zu einer der in *Abbildung 4* dargestellten Typen.

A. Mittelmoränen zwischen Teilgletschern des Aaregletschers (*Abb. 5*)

M1 Horn Pt. 646.7 bei Trimstein: Länge 1000 m, Breite 500 m, Überhöhung 30 m (Typ A2b). Dieser prächtige, unbewaldete Mittelmoränen-Endkeil zeigt in seiner Form grosse Ähnlichkeit mit dem Schärmenwaldhügel (M22), ist aber in allen Dimensionen um etwa 50% grösser. Der flach ansteigende Rücken ist zuhinterst von der Bahnlinie Bern–Luzern schräg durchschnitten. Die steil nach NW fallende Stirnseite ist deutlich konkav. Der südwestliche Vorsprung der Konkavität geht nach NW in den Moränenwall des Gschneitwaldes über, der von GERBER 1927 – wie der Hügel Horn – zum Stadium 6 gerechnet wird (vgl. Tabelle S. 128). Die Kammlinie des Walles (höchster Punkt im Gschneitwald 624 m) liegt gut 20 m tiefer als der Kulminationspunkt des Endkeils.

M2 Gwattberg Pt. 804 und 804.0 zwischen Grosshöchstetten und Biglen: Länge 800 m, Breite 600 m, Überhöhung 50 m (A1c, *Abb. 6*). Der Südwestteil ist bewaldet. Im Unterschied zum Schärmenwaldhügel und zu Horn (M22 und M1) zeigt der Gwattberg, mit dem Wilerhubel bei Riggisberg einer der imposantesten Mittelmoränen-Endkeile im untersuchten Gebiet, einen steil ansteigenden, nach Osten abgebogenen Sporn und eine relativ flache, stark konkave Stirnseite. Die Mittelmoräne ist offenbar in diesem Stadium knapp rechts vom Nunatak des Hürnbergs vorbeigekommen. Der linke Schenkel läuft zuerst geradlinig nach Norden und biegt dann allmählich nach links gegen Pt. 723 bei der Bahnstation von Biglen, wo das Ende dieser Seitenzunge

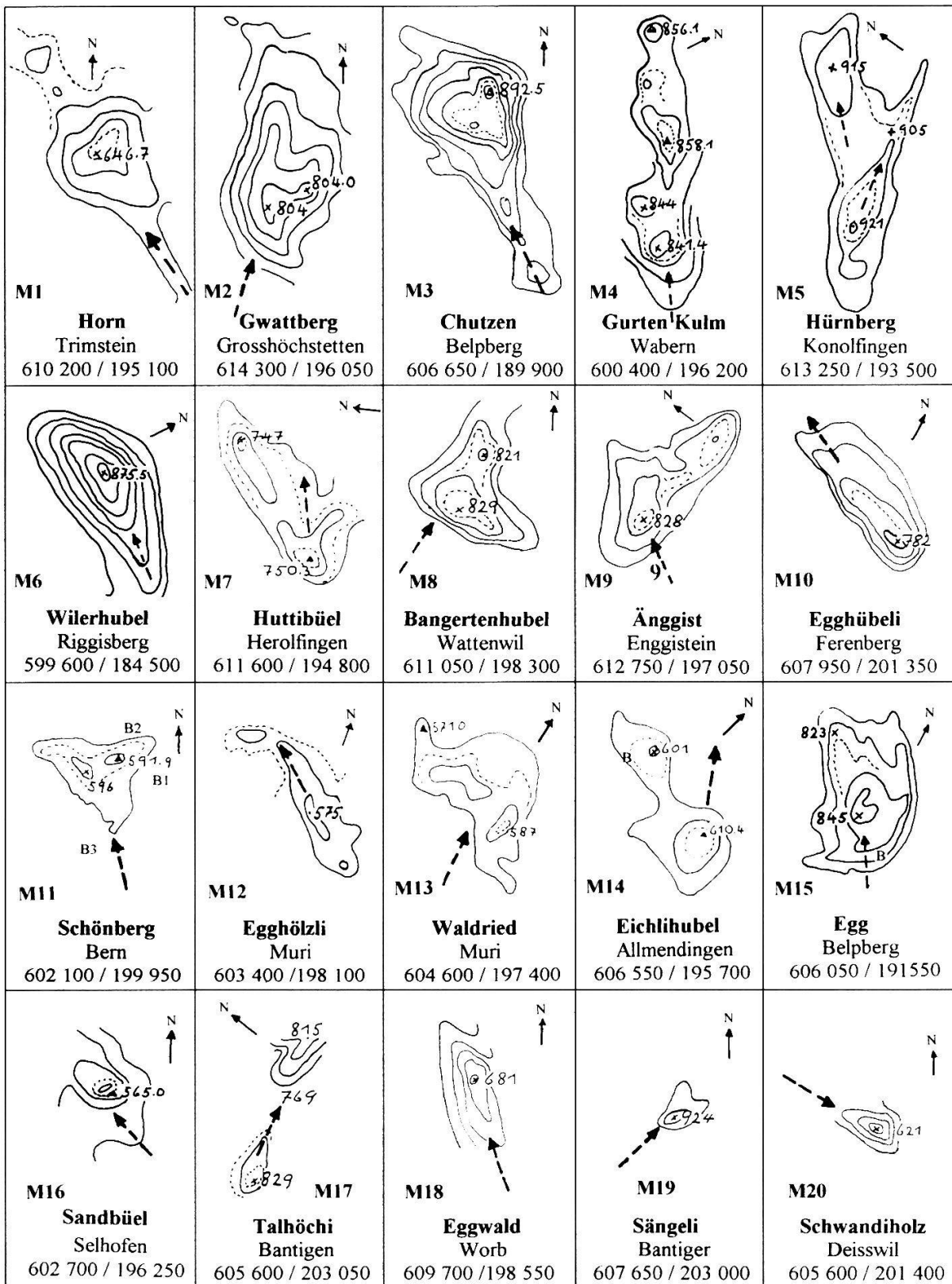


Abbildung 5: Beispiele von Mittelmoränen-Endaufschüttungen zwischen Teilgletschern des eiszeitlichen Aaregletschers im Kurvenbild der Landeskarte 1:25 000 (Verkleinerung ca. 0,6mal). Äquidistanz der Höhenkurven 10 m (Zwischenkurven unterbrochen). B Bohrstellen, auf die im Text Bezug genommen wird.

des Aaregletschers sehr schön zu erkennen ist. Von links her fällt eine schwach ausgebildete Seitenmoräne dieses Stadiums zwischen den Höfen Riedhülle und Änggist herunter. Der Hof Riedhülle selbst liegt auf einem etwas späteren Moränenstadium, wie überhaupt im ganzen Gwattbergssystem eine kleine Gletscherschwankung zu erkennen ist. Der rechte, kürzere Schenkel des Gwattberges läuft bei Hasli aus. Dort ist auch eine vom östlichen Hang her abfallende Moräne zu erkennen, so dass auch das Zungenende dieses rechten, kleineren Teilgletschers im Gelände gut wahrgenommen werden kann.

Ein grösserer Molassekern erscheint bei dieser harmonisch ausgebildeten Struktur wenig wahrscheinlich. Auffällig ist immerhin die nach Osten umgebogene Achse des Gwattbergsporns. Die ausgedehnte Ebene im Dreieck Biglen–Schlosswil–Grosshöchstetten, in die der Gwattberg hineingesetzt wurde, stellt das Endbecken einer grossen Seitenzunge des Aaregletschers dar, die wohl dem GERBER-Stadium 2 zuzurechnen ist. Die Wallmoränen von Schlosswil-Ried (Stadium 3) und Tali entstanden erst später.



Abbildung 6: Der Gwattberg bei Biglen (Abb. 5, M2) von Nordosten. In der schrägen Frontalansicht ist der im Bild nach rechts ziehende linke, am linken Bildrand der kürzere rechte Schenkel des Mittelmoränen-Endkeils erkennbar. (Foto 1996)



Abbildung 7: Der Chutzen auf dem Belpberg (Abb. 5, M3) von Südosten. (Foto 1997)

M3 Chutzen Pt. 892.5: Länge 1000 m, Breite 500 m, Überhöhung 40 m (A1a, *Abb. 7*). Der auf den Molasserücken des Belpbergs aufgesetzte Hügel des Chutzen zeigt eine fast klassisch reguläre Form. Der Sporn ist im hinteren Teil zuerst flach, setzt aber im Gipfelbereich zu einer kräftigen Steigung an. Dies lässt vermuten, dass dort eine gewisse Stauung durch ansteigenden Molasseuntergrund stattgefunden hat. Die Stirnseite fällt steil ab. (vgl. auch S10 S. 129.)

M4 Gurten Kulm Pt. 858.1: Länge 500 m, Breite 200 m, Überhöhung 20 m (A1a). Der höchste Kamm des Gurten mit dem Ostsignal verrät sich mit seinem Höhenkurvenbild als ein kleiner Mittelmoränen-Endkeil geradezu klassischer Form. Der Fahrweg verläuft über seinen mässig steilen Sporn, das Signal steht auf dem Kulminationspunkt, und seine konkave Stirnseite bildet das grosse Halbrund der Gurtenmatte. Mit dem Hügel des Westsignals, demjenigen der Ruine Ägerten und dem Säuhoger bildet die Gurtenmoräne eine Serie, die im Abschnitt IV,3 näher besprochen wird (S1, S. 123).

M5 Hürnberg Pt. 921 und 915 bei Konolfingen: Länge 1500 m, Breite 600 m, Überhöhung 20 m (Streifmoräne¹). JENNY-BALTZER-KISSLING 1896 kartierten den ganzen Hürnberg als Molasse ohne Moränenwälle (aber immerhin mit erratischen Blöcken), NUSSBAUM 1922 legt in seiner Karte zwei sehr lange Wälle darüber, die vom Punkt 921 ausgehen. Ihre Achsenrichtung entspricht derjenigen der Zäziwiler Seitenzunge des Aaregletschers. Das ausgedehnte und wegen der durchgehenden Bewaldung schlecht überblickbare System kann in einen südlichen und einen nördlichen Teil gegliedert werden, die vermutlich zwei nahe aufeinanderfolgende Stadien repräsentieren. Der 1200 m lange südliche, auf einer langen Strecke gleich hoch bleibende und von hinten nach vorn entgegen der Norm schmaler werdende und spitz auslaufende Ast (ohne Zweifel ein Moränenwall) ist wohl eine Streifmoräne, deren Fortsetzung und Ende irgendwo am Hang NE Grosshöchstetten gesucht werden muss. Die Geländewülste bei Pt.833,4 und 841.9 am Hang von Möschberg sind dafür verdächtig. Der nördliche, nach vorn ansteigende und etwas konkave Ast des Moränensystems auf dem Hürnberg könnte eine eigentliche, wohl früher abgesetzte Mittelmoränen-Endaufschüttung darstellen. Die Interpretation dieser Strukturen bleibt aber hypothetisch.

M6 Wilerhubel Pt. 875.5 westlich Riggisberg: Länge 1300 m, Breite 600 m, Überhöhung 50 m (A1a, *Abb. 8*). Dieser mächtige, unbewaldete Hügel nimmt fast die ganze Breite des Zungenendbettes der Riggisberger Seitenzunge im Bernstadium ein. Er ist nahezu symmetrisch, auf nur leicht nach Süden ansteigenden Grund aufgesetzt. Von Molasse ist nirgends etwas zu sehen. Ein grösserer Molassekern erscheint wenig wahrscheinlich. (Siehe auch S. 121.)

¹ Als Streifmoränen (vgl. *Abb. 2*) bezeichnen wir Ablagerungen, bei denen die Mittelmoräne den Nunatak wohl berührte und einen Teil ihres Schuttes absetzte, dann aber auf dem Eis hinter dem Nunatak weiterlief, bis sie erneut festen Grund erreichte.



Abbildung 8: Wilerhubel bei Riggisberg (Abb. 5, M6) von Südwesten. (Foto 1997)

M7 Huttibüel Pt. 750.3 bei Herolfingen: Länge 500 m, Breite 400 m, Überhöhung 30 m (A2c). Hier handelt es sich um eine auf den Molassehang auflaufende Mittelmoräne. Wegen des steil abfallenden Felsgrundes weist sie einen sehr kurzen und steilen Sporn auf. Der kurze rechte Schenkel biegt gegen das Dorf Herolfingen um, während sich der linke (gletscherinnere) auf eine Strecke von 800 m auf fast gleichbleibendem Niveau bis über den Punkt 747 hinaus fortsetzt.

M8 Bangertenhübel Pt. 829 und 821 bei Wattenwil: Länge 500 m, Breite 500 m, Überhöhung 20 m (B2a, Name Bangertenhübel nicht auf LK 1:25 000). Hier handelt es sich um ein in einem frühen Worblentalstadium auf den Molassehang aufgeschobenes asymmetrisches Mittelmoränenende. Im Unterschied zu M1, M2, M7 u.a. setzt sich hier der rechte, d.h. gletscheräussere Schenkel auf eine kurze Strecke fort, nicht aber der innere. Dies ist wohl so zu erklären, dass der rechte Schenkel auf dem Molassehang den Grund erreichte, der linke aber auf dem Eis über der Mulde von Wattenwil noch 1,5 km weiterlief und erst im Langenloo W Bangerten wieder auf Grund lief, dort den flachen Mittelmoränen-Endkeil von Im Rain (Pt. 792.8 und 796) aufschüttend.

M9 Änggist Pt. 828 bei Enggistein: Länge 1000 m, Breite 600 m, Überhöhung 30 m (A1b). JENNY-BALTZER-KISSLING kartierten den Hügel ganz als Molasse, in der Karte von NUSSBAUM liegen drei Moränenwälle auf ihm, die strahlenförmig vom Südwestfuss ausgehen. Der Hügel hat Ähnlichkeit mit dem Bangertenhübel (M 8), ist aber im Gegensatz zu diesem auf einen Nunatak aufgesetzt und zeigt im rechten (äusseren), nicht im linken Schenkel eine gewisse Fortsetzung auf etwa 10 m tieferem Niveau. Seine Achsenrichtung von SW nach NE entspricht der Richtung der Aaregletscherseitenzunge von Walkringen–Bigenthal, deren Ende damals (vermutlich im GERBER-Stadium 2) zwischen den beiden genannten Dörfern gelegen haben dürfte.

M10 Egghübeli Pt. 782 bei Ferenberg: Länge 900 m, Breite 400 m, Überhöhung 30 m (A1b). Dieser Mittelmoränen-Endkeil gehört zum höchsten der Worblentalstadien im Sinne von WAGNER 1986, d.h. der Stadien, in denen der auf der Linie Gurten–Bolligen vom Rhonegletscher abgedrängte Aaregletscher nicht mehr über die Lutzeren abfliessen konnte und daher von unten ins Worblental eindrang. Bei Ferenberg stiessen der obere und der untere Worblentalarm des Aaregletschers frontal aufeinander, was zu komplizierten Druck- und Fliessverhältnissen geführt haben muss. Eis und Schmelzwasser beider Zungen konnten nur durch das Lindental abfliessen (vgl. WAGNER 1986, S. 99).

M11 Schönberg Pt. 596 und 591.9 bei Bern: Länge 600 m, Breite 600 m, Überhöhung 20 m (A1c). Trotz der starken Überbauung lässt sich hier ein breiter, etwas gestauchter Mittelmoränen-Endkeil mit zwei Kulminationspunkten (Schönberg und Oberes Galgenfeld) und leicht konkaver Frontseite an den Höhenkurven sehr gut erkennen. Die Kuppe mit Punkt 596 ist noch heute bewaldet. Die Bitziusstrasse verläuft in der Längsrichtung zwischen den beiden Kulminationspunkten. Der linke Schenkel setzt sich auf etwa 30 m tieferem Niveau durch den Rosengarten und über die Schänzlistrasse bis in den Hügel des Kursaals fort.

Beim Gartencenter Florama an der Schosshaldenstrasse (580 m), an der Südostflanke des Mittelmoränen-Endkeils (B1 in der Skizze zu M11), wurde der Felsuntergrund in 24 m Tiefe nicht erreicht (Sondierung KELLERHALS + HAEFELI AG 1993, Geologische Dokumentationsstelle des WEA), er liegt also dort tiefer als 556 m. Nördlich der Ostermundigenstrasse, unmittelbar vor der Front des Mittelmoränen-Endkeiles (B2), liegt er gemäss Baugrundkarte der Stadt Bern (STÄGER 1988) auf 570 m, an der Laubeggstrasse an ihrem Südwesthang (B3) nach derselben Quelle auf 540 m. Die Moräne scheint also auf einen schräg ansteigenden Molassegrund aufgeschoben worden zu sein. Ihre Mächtigkeit kann aufgrund dieser Daten im hinteren Teil mit mindestens 24 m, unter den Kulminationspunkten mit 30–40 m angenommen werden (vgl. auch S9, S. 129).

M12 Egghölzli Pt. 575 bei Muri: Länge 100 m, Breite 300 m, Überhöhung 20 m (A2b). Der langgestreckte, recht steile und bewaldete Hügel stellt den auf etwa 20 m tieferem Niveau in eine Stirnmoräne umbiegenden linken (inneren) Schenkel einer Mittelmoräne dar. Der rechte (äussere) Schenkel ist im heutigen Gelände nur andeutungsweise zu erkennen (vgl. auch S9, S. 129).

M13 Waldried Pt. 587 bei Muri: Länge 1000 m, Breite 700 m, Überhöhung 20 m (A2b). Durch Überbauung und durch die Anlage des Friedhofs Seidenberg ist das Gelände stark verändert. Der Hügel zeigt in seiner Grundform Ähnlichkeiten mit dem Schönberg (M 11). Er weist wie dieser zwei Kulminationspunkte auf, die noch teilweise bewaldet sind. Der linke Schenkel setzt sich auf tieferem Niveau (Pt. 571.0) fort (vgl. auch S9, S. 129).

M14 Eichlihubel Pt. 610.4 und 601 bei Allmendingen: Länge 500 m, Breite 400 m, Überhöhung 20 m (A2b). Der kleine, unbewaldete Hügel Pt. 610.4 gibt sich mit seiner

klassischen Silhouette, die man vom Zug der Bern-Thun-Linie aus betrachten kann, leicht als Mittelmoränen-Endkeil zu erkennen. Er bildet mit dem nordwestlich anschliessenden Hügel Pt. 601 eine Doppelstruktur. Der kleinere Hügel kann entweder als Fortsetzung des linken Schenkels des Endkeils Eichlihubel oder als kleiner, selbständiger Mittelmoränen-Endkeil, vielleicht eines Interstadials, gedeutet werden. Die Verbindung mit den anschliessenden Hügeln südlich und nördlich Vorder Märchligen ist heute durch die Autobahn gestört. Eine 1992 von H. P. WEISS durchgeführte Bohrung für eine Wohnüberbauung am Südhang des Hügels Pt. 601 auf der Oberflächenkote von 590 m (in der Skizze M14 mit B bezeichnet) erreichte die Molasse in 23 m Tiefe (Geol. Dokumentationsstelle des WEA). (Siehe auch S9, S. 129.)

M15 Egg Pt. 845 auf dem Belpberg: Länge 800 m, Breite 500 m, Überhöhung 35 m (A1a). Im Gegensatz zum Chutzen zeigt diese Mittelmoränen-Endaufschüttung auf der Nordwestecke des Belpbergs den breiten, flachern Typ mit steilem Sporn und eher flacher Stirn. Sie gleicht darin auffällig dem Gwattberg bei Biglen (M2) und hat auch, wie dieser, einen abgewinkelten Sporn. Eine von H. P. WEISS 1993 durchgeführte Sondierung für ein Schulhaus bei Oberhüsereu im Südosthang der Mittelmoränen-Endaufschüttung auf 815 m Höhe (in der Skizze M15 mit B bezeichnet) erreichte den Molassegrund in 16 m Tiefe, also etwa auf Kote 800 m (Geologische Dokumentationsstelle WEA). (Siehe auch S10, S. 129.)

M16 Sandbüel mit Pt. 565.0 bei Selhofen: Länge 600 m, Breite 400 m, Überhöhung 30 m (B1a). Dieser frontal gestauchte, steil ansteigende Moränenhügel ist einer gut 20 m hohen Schotterterrasse aufgesetzt, welche ihrerseits einen steilen, postglazialen Erosionsrand aufweist. Der Hügel selbst wurde von GERBER 1927 als höher gelegene Schotter kartiert. Er ist heute von Terrassenhäusern überbaut.

M17 Talhöchi Pt. 829 bei Bantigen: Länge 400 m, Breite 200 m, Überhöhung 15 m (Streifmoräne, vgl. Fussnote S. 108). Diese kleine, dem Südteil des Stockerenberg-rückens aufgesetzte Struktur verdient deshalb unser besonderes Interesse, weil es der einzige Fall einer Streifmoräne ist, bei dem wir hinter dem einstigen Nunatak auch das Ende der Mittelmoräne zu erkennen glauben, nämlich in der Struktur nordöstlich der Talhöchi Pt. 815. Der tiefe Einschnitt der Talhöchi Pt. 769 muss als Transfluenz gedeutet werden. Die Frage bleibt offen, ob sie vor oder nach der Absetzung der Mittelmoräne entstanden ist.

M18 Eggwald Pt. 681 bei Worb: Länge 600 m, Breite 200 m, Überhöhung 20 m (B2b). Der linke (innere) Schenkel setzt sich auf 40 m tieferem Niveau gegen Vechigen zu fort. In ihrer Struktur gleicht diese Mittelmoränen-Endaufschüttung derjenigen von Schwandiholz M20. Während es sich aber beim Schwandiholz um eine linksseitige Moräne der von unten ins Worblental eingedrungenen Endzunge des Aaregletschers handelt, gehört der Eggwald zu der im Bernstadium (GERBER-Stadium 3) über die Senke zwischen Worb und Münsingen ins obere Worblental vorstossenden

Seitenzunge. Die Mittelmoräne des Eggwaldes stammt also aus dem östlichen, diejenige des Schwandiholzes aus dem westlichen Berner Oberland. Das müsste an der Geröllzusammensetzung nachzuweisen sein.

M19 Sängeli Pt. 924 am Bantiger: Länge 300 m, Breite 200 m, Überhöhung 15 m (A1a). Hier haben wir den höchstgelegenen Mittelmoränen-Endkeil unseres Gebietes vor uns. Der hohen Lage entsprechend – die Gletscher führten in den Höchststadien nur wenig Schutt – ist er nicht mächtig, aber durchaus typisch geformt. Die 200 m nördlich vom Sängeli gelegene kleine Kuppe gehört nicht zum Moränensystem, sondern stellt einen Molasserundhöcker dar.

M20 Schwandiholz Pt. 621 bei Deisswil: Länge 300 m, Breite 150 m, Überhöhung 20 m (B2a). Diese kleine Mittelmoränen-Endaufschüttung ist nahezu symmetrisch. Ihr rechter (innerer) Schenkel läuft nach SE gegen die Kartonfabrik Deisswil zu aus. Der zugehörige Eisrand muss nordwestlich des Schwandiholzes mit der dortigen kleinen Randterrasse, südöstlich mit dem Rand der grossen Deltaterrasse von Deisswil in Verbindung gebracht werden (vgl. M21).

B. Mittelmoränen zwischen Aare- und Rhonegletscher (Abb. 9)

M21 Hüenerbüel mit Pt. 620.1 (Kulmination 628 m) bei Bolligen: Länge 500 m, Breite 800 m, Überhöhung 40 m (B1c). Der Hüenerbüel ist einer der imposantesten Mittelmoränen-Endkeile im Gebiet. 1954 war er durch eine grosse Kiesgrube mit einer 24 m hohen Abbauwand aufgeschlossen. Wir verweisen auf die ausführliche Beschreibung bei GERBER 1955 (S. 17/18) und WAGNER 1986 (S. 67–75). Der markante Hügel wird hier als schönstes Beispiel einer frontal gestauchten Mittelmoräne angeführt, deren beide Schenkel sich im Gelände weiterverfolgen lassen. Der rechte, aareseitige Schenkel setzt sich in dem breiten Rücken mit Pt. 618 fort und läuft gegen das Schwandiholz zu aus. Der linke, rhoneseitige Schenkel lässt sich, weniger deutlich als der aareseitige, längs des Weges Hächsträss weiterverfolgen. Über dem Dorf Bolligen wird er von der Krauchthal- und der Habstettenstrasse durchschnitten. Jenseits des Lutertals setzt er sich in dem Rücken mit der Überbauung Lutertalstrasse fort und verliert sich am Hang des Mannenbergs. (Siehe auch S8, S. 127.)

Die hier gegebene Interpretation der aareseitigen Fortsetzung des Hüenerbüels weicht von derjenigen bei WAGNER 1986 ab: Damals wurde der Burech mit dem Punkt 618 verbunden und der Hüenerbüel mit dem Hügel im Schwandiholz Pt. 621. Der Hügel mit der Schwandiburg Pt. 621 (M20) muss nach unserer neuen Interpretation zwar im gleichen Stadium wie der Hüenerbüel, aber unabhängig von diesem als Endaufschüttung einer aareinternen Mittelmoräne entstanden sein.

M22 Schärmenwald Pt. 588 südlich von Ittigen: Länge 700 m, Breite 400 m, Überhöhung 20 m (A1a). Ein Molassekern ist nicht bekannt. Dieser in seiner ursprünglichen Form kaum veränderte Waldhügel vor den Toren Berns zeigt die

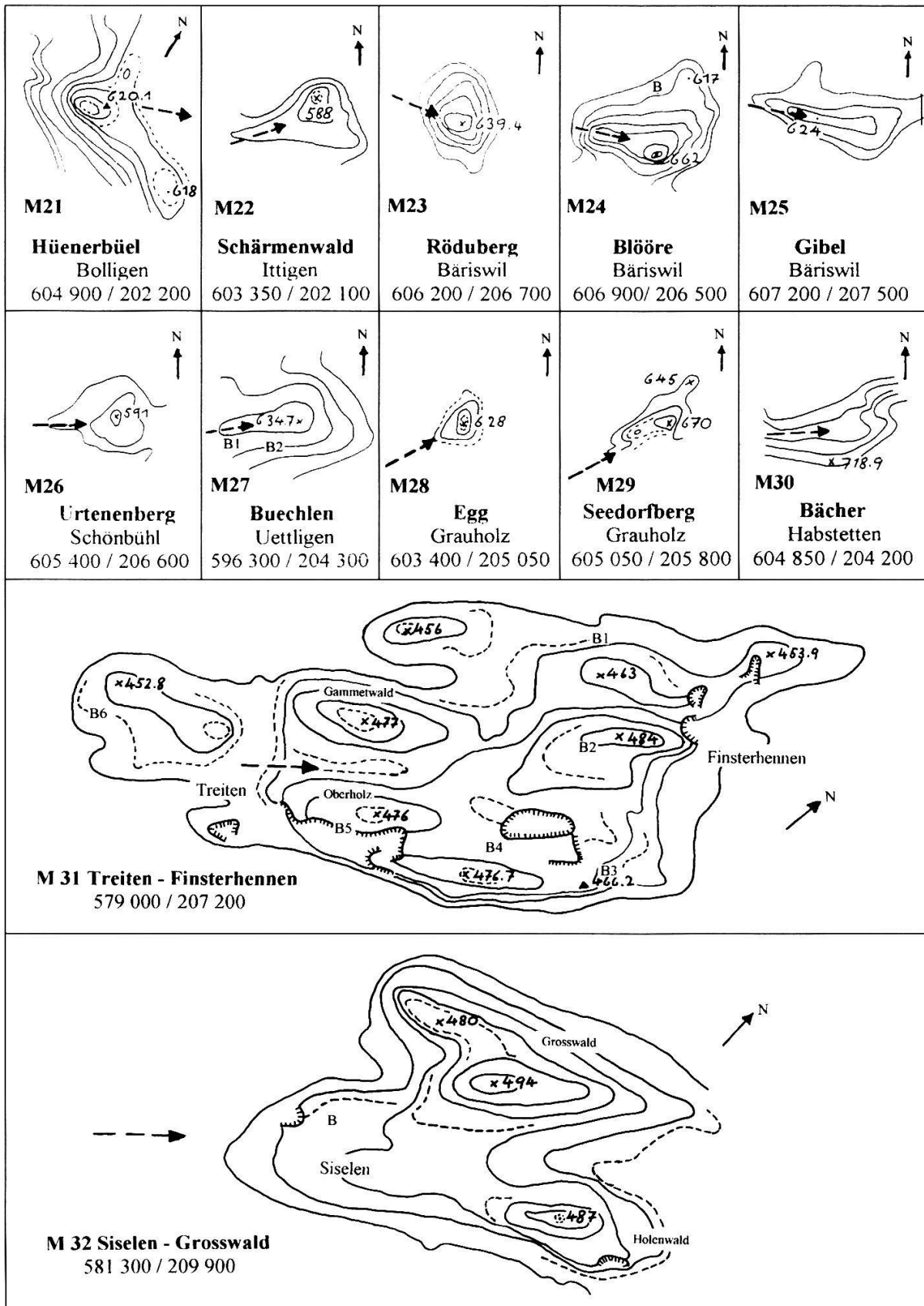


Abbildung 9: Beispiele von Mittelmoränen-Endaufschüttungen zwischen eiszeitlichem Aare- und Rhonegletscher (M21, 22, 30) sowie zwischen Teilgletschern des Rhonegletschers (M23–29, 31, 32). Übrige Hinweise wie bei Abbildung 5.

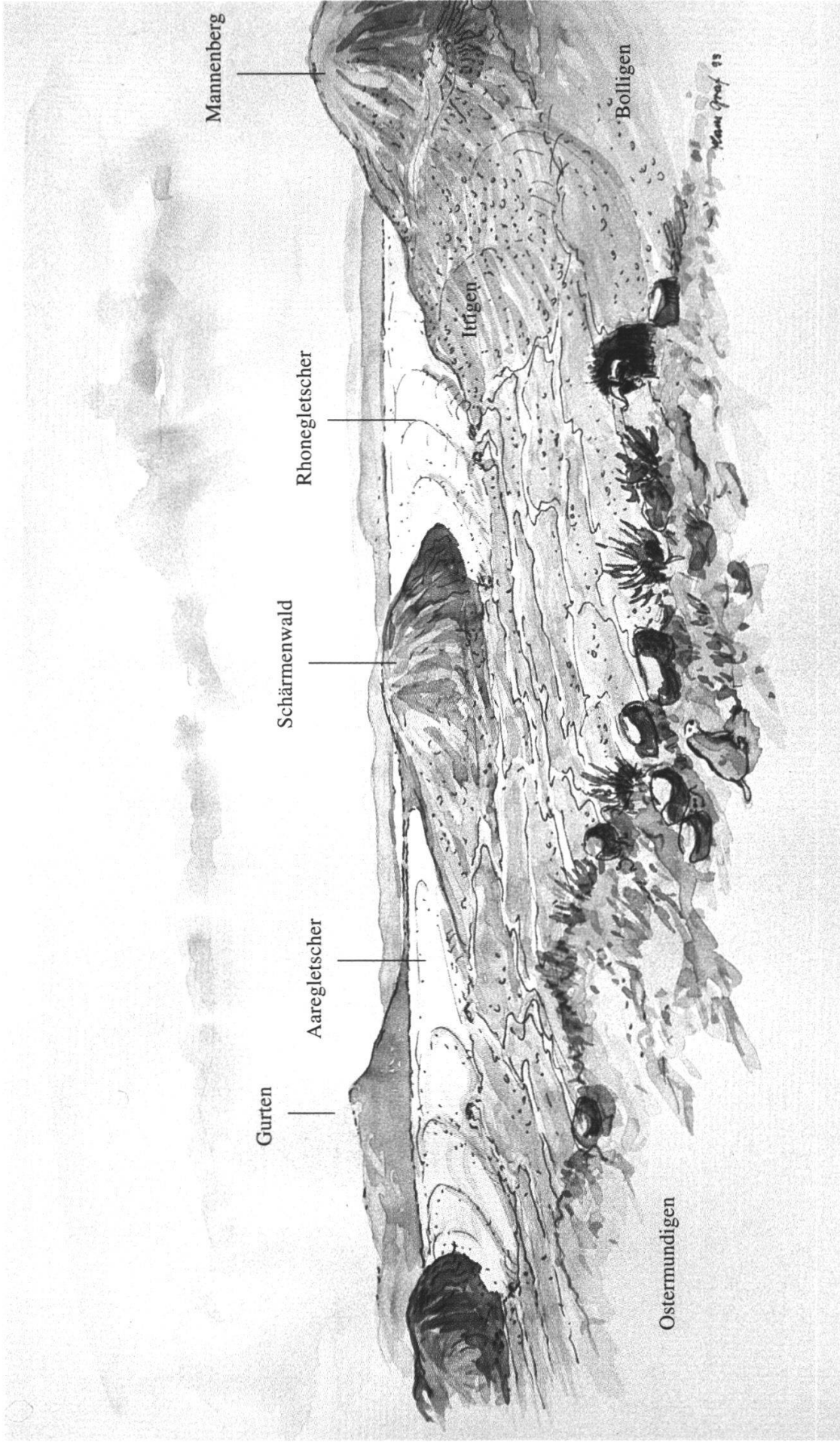


Abbildung 10: Aare- und Rhonegletscher im Schärmenstadium, gesehen vom Hühnerbühl bei Bolligen. Die grosse Mittelmoräne beginnt am Nordhang des Gurten. Sie hat als Mittelmoränen-Endkeil den Hügel im Schärmenwald bei Ittigen aufgeschüttet. (Aquarell von Hans Graf sen., Bolligen)

symmetrische Grundgestalt eines Mittelmoränen-Endkeils auf ebenem Grund (*Abb. 3*) in fast klassischer Form: einen keilförmigen Grundriss, einen in der Fliessrichtung langsam ansteigenden Rücken, eine steil abfallende, leicht konkave Stirn. Der rechte (aareseitige) Schenkel setzt sich gegen den Chrüzweg ganz kurz fort. Die Geröllanalyse des Moränenschuttes auf der Nord- und auf der Südseite ergab ein charakteristisch verschiedenes Spektrum (vgl. dazu WAGNER 1986, S. 82). (Siehe auch *Abb. 10* und S8, S. 127.)

M30 Bächer mit Pt. 718.9 bei Habstetten: Länge 500 m, Breite 200 m, Überhöhung 15 m (B2a, *Abb. 11*). Hier handelt es sich um eine extrem asymmetrische, fast tangential an einen Hang geklebte, wenig mächtige zweistufige Mittelmoränen-Endaufschüttung. Sie streicht nach vorwärts und nach rückwärts auf einer Höhe von etwa 730 m in die Luft. Auf der oberen Stufe steht der Bauernhof Bächer, auf der unteren eine neuere Villa. Die Struktur gleicht in Form und Grösse auffallend der auf S. 100 beschriebenen Mittelmoränen-Aufschüttung der östlichen Mittelmoräne des Grossen Aletschgletschers während der «Kleinen Eiszeit».



Abbildung 11: Bächer bei Habstetten (*Abb. 5*, M30) in Frontalansicht von Osten. Die Mittelmoränen-Aufschüttung ist dem Südhang des Grauholzberges tangential aufgesetzt: Sie streicht nach vorn und nach hinten in die Luft. (Foto Dezember 1996)

C. Mittelmoränen zwischen Teilgletschern des Rhonegletschers (Abb. 9)

M23 Röduberg Pt. 639.4 bei Bärswil: Länge 400 m, Breite 500 m, Überhöhung 50 m (B1a). Dieser sehr markante Waldhügel wurde von NUSSBAUM 1922 als Untere Süsswassermolasse, von GERBER 1950 als Schottermoräne kartiert. Unseres Erachtens handelt es sich um einen am Molassegrund in unbekannter Tiefe gestauten, rhone-internen Mittelmoränen-Endkeil. Der Hügel wurde von den geotechnischen Untersuchungen für den Grauholtztunnel leider nicht erfasst. (Siehe auch S6, S. 127.)

M24 Blööre Pt. 662 südlich Bärswil: Länge 700 m, Breite 500 m, Überhöhung 60 m (B2a). Der sehr markante Waldhügel schliesst östlich an den Röduberg Pt. 639.4 an (M23) und bildet wohl mit diesem und dem Hügel Pt. 591 am Urtenenberg (M26) eine Serie (S6, S. 127). Der Hügel ist bei GERBER 1927 ganz als Moränenwall, bei NUSSBAUM 1922 ganz als Untere Süsswassermolasse, bei GERBER 1950 im südlichen Teil bis auf den Kamm als Molasse, im nördlichen Teil und am Westhang als Moräne kartiert. Man muss wohl mit einem hohen Molassekern rechnen, der aber sicher von Moräne eingedeckt ist. 1967 führte eine Bohrung (B) der Firma Geotest im Nordhang auf 605 m Höhe im Hinblick auf ein Reservoir für die Gemeinde Urtenen (Schweiz. Geol. Dokumentationsstelle) unter Gehängeschutt sofort auf Molasse. Auffällig ist auf der Kammlinie westlich des höchsten Punktes eine sattelartige Eintiefung und vor allem ein auf viel tieferem Niveau nordwärts abzweigender kurzer Schenkel mit dem Punkt 617.

M25 Gibel Pt. 624 E Bärswil: Länge 700 m, Breite 400 m, Überhöhung 25 m (B2b). Bei NUSSBAUM 1922 hat dieser ebenfalls sehr bedeutende Hügel einen Molassesockel, bei Gerber 1950 besteht er ganz aus Moräne, sein oberster Teil wird als Drumlin kartiert. Fällt schon bei der Blööre M24 die in fast genauer Ostrichtung verlaufende Kammlinie auf, so verläuft diese beim Gibel sogar in ostsüdöstlicher Richtung. Wie die Blööre hat auch der Gibel auf etwa 20 m tieferem Niveau einen kurzen, nach Norden gerichteten Schenkel. Im Unterschied zur Blööre zweigt dieser aber nicht am Kopf des Mittelmoränen-Endkeils ab, sondern an seiner hinteren Hälfte. (Siehe auch S5, S. 126.)

M26 Urtenenberg Pt. 591 bei Schönbühl: Länge 500 m, Breite 500 m, Überhöhung 20 m (B1a). Ein schöner, symmetrisch gestauter Mittelmoränen-Endkeil. Dank den geologischen Studien für den Bau des Grauholtztunnels SBB sind wir hier gut über die Tiefe des Felsuntergrundes informiert. *Abbildung 12* zeigt die Oberflächenstruktur und die Höhe des Molasseuntergrundes nach der vom Geotechnischen Institut AG aufgenommenen geologisch-geotechnischen Situationskarte (Schweiz. Geol. Dokumentationsstelle). Es ergibt sich im Westteil eine quartäre Überlagerung von nur 20 m, unter dem höchsten Punkt und im Ostteil eine solche von 30–40 m. Diese Asymmetrie in der Fliessrichtung des Gletschers – schwächere Überdeckung in der Stossrichtung, stärkere im Lee – ist plausibel. Die Nord-Süd-Profile, quer zur Fliessrichtung, zeigen dagegen eine \pm symmetrische Überdeckung.

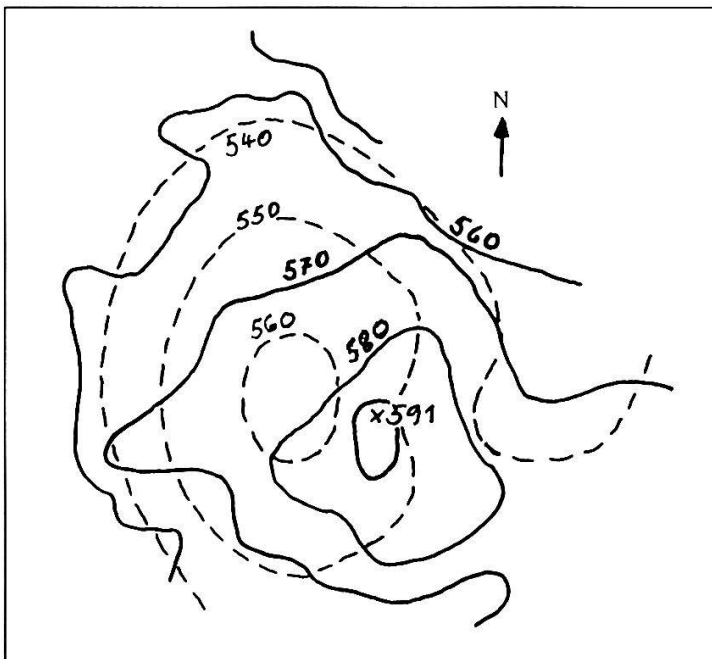


Abbildung 12: Kartenbild des Mittelmoränen-Endkeils M26 am Urtenenberg (ausgezogene Höhenkurven) und ihres Molasseuntergrundes (unterbrochene Höhenkurven) nach der für den Bau des Grauholztunnels SBB aufgenommenen geotechnischen Karte 1:25 000 (Vergrößerung 2mal).

M27 Buechlen Pt. 634.7 bei Uettligen: Länge 700 m, Breite 400 m, Überhöhung 35 m (A1a). Der Hügel bildet den Hauptpunkt einer über 9 km langen Serie von Rhone-internen Mittelmoränen-Endaufschüttungen (vgl. S11, S. 131). Das Dorf Uettligen liegt am Südwesthang dieser Struktur. Zwei von der Firma Grundag AG bzw. Frutiger AG durchgeführte Bohrungen im Südostteil des Dorfes an der Strasse nach Ortschwaben, nur 200 m voneinander entfernt (in der Skizze M27 mit B1 und B2 bezeichnet), zeigen einen sehr bewegten Molasseuntergrund: Die östliche (Oberflächenkote 610 m, B2 1988) erreichte den Molassegrund schon bei 24 m, die westliche (OK 616 m, B1 1994) erst in 89 m Tiefe (Geologische Dokumentationsstelle des WEA).

M28 Egg Pt. 628 im Allmitwald/Grauholz: Länge 300 m, Breite 250 m, Überhöhung 15 m (A2a). Ein Mittelmoränen-Endkeil der ganz kleinen Sorte, aber klassisch ausgebildet mit flacherer Rücken- und steilerer Frontseite und angedeuteter Fortsetzung des linken (gletscherinneren) Schenkels. Er gehört zu einer Serie, die am Seedorfberg am Nordhang des Grauholzberges beginnt (vgl. M29 und S7, S. 127). Der Molassegrund liegt hier, wie aus einem der für den Bau des Grauholztunnels aufgenommenen seismischen Profile hervorgeht, erst in einer Tiefe von 70–80 m.

M29 Seedorfberg Pt. 670 im Grauholzwald: Länge 600 m, Breite 250 m, Überhöhung 30 m (B2a). Diese kleine Mittelmoränen-Endaufschüttung ist lateral an den Molassehang des Grauholzberges geklebt. Sie gleicht insofern den Fällen M24 und M 25, als sich ihr linker (innerer) Schenkel auf 25 m tieferem Niveau ein Stück weit fortsetzt. Nach der vom Geotechnischen Institut AG vor dem Bau des Grauholztunnels SBB aufgenommenen geologisch-geotechnischen Situationskarte (Schweiz. Geol. Dokumentationsstelle) ergibt sich eine Mächtigkeit der Moräne von 20–30 m, wie sie

auch aus der Oberflächenform geschätzt werden kann. Die Gestalt der Aufschüttung ist hier unabhängig vom Verlauf des gleichmässig abfallenden Molasseuntergrundes. Diese Struktur bildet vermutlich mit M28 Egg und einigen noch kleineren Erhebungen im Allmitwald zusammen eine Serie (vgl. S7, S. 127).

M31 Treiten–Finsterhennen: Länge 4000 m, Breite 1500 m, maximale Überhöhung 40 m (A1a). Die gewaltigste aller Mittelmoränen-Aufschüttungen unseres Gebietes findet sich im Berner Seeland, mitten ins Grosse Moos hineingesetzt: die komplizierte, reich gegliederte Moränen- und Schotterlandschaft zwischen Treiten und Finsterhennen, die einst (wie auch M32) als Insel aus dem grossen Seelandsee herausgeragt haben muss. In der geologischen Karte von SCHÄR et al. 1971 ist das ganze Hügelgebiet als Grundmoräne oder als «Moräne im allgemeinen» kartiert, ein schmaler Streifen an seiner Südostabdachung als Würm-Vorstoss-Schotter. Die Karte verzeichnet in diesem Gebiet sechs Kern- oder Spülbohrungen von 15–40 m Tiefe. Nur eine von ihnen (B3) erreichte in 11 m Tiefe auf Kote 445 m die Molasse, die übrigen förderten aus dem ganzen, das Niveau des Grossen Mooses übersteigenden Bereich Moränenmaterial (Kies und Sand) zutage. Dieses ist also bei der tiefsten Bohrung (B2) mindestens 40 m mächtig. Seit langem wurden die Moränen und Schotter dieses Gebietes ausgebeutet. Heute ist noch eine grosse Grube bei Treiten im Betrieb (*Abb. 13*). Zu einem vertieften Studium der Sedimentationsverhältnisse im Mittelmoränen-Endbereich bieten sich hier die besten Gelegenheiten.

Die ganze Struktur – man kann von einer eigentlichen Mittelmoränen-Landschaft sprechen – ist derart ausgedehnt und gegliedert, dass sie kaum als Aufschüttung eines einzelnen Stadiums aufgefasst werden kann, sondern eher als Ergebnis mehrerer, sich über eine lange Zeit erstreckender Gletscherschwankungen. Zudem lässt das Vorhan-



Abbildung 13: Kiesgrube Riederer bei Treiten (*Abb. 9, M31*). Über einem gewaltigen Schotterkörper mit komplizierten Deltaschichtungen liegt eine mehrere Meter mächtige Moränenkappe. Die Abbruchwände ergeben zusammen eine Höhe von über 30 m. (Foto 1997)

densein von drei oder vier nebeneinander verlaufenden Achsen die Vermutung aufkommen, dass es sich hier nicht um eine einfache Mittelmoräne, sondern um ein durch Verschmelzung von zwei oder mehr Mittelmoränen entstandenes System (vgl. das Zitat von HEIM 1885, S. 96) gehandelt hat, das in seinem weitläufigen, chaotischen Aufschüttungsgebiet auch grössere und kleinere Seen entstehen liess und darin die gewaltigen Schotterkörper.

Auffallend an der ganzen Struktur ist auch ihre Asymmetrie: Die linke Flanke fällt viel weniger steil ab und stösst weiter vor als die rechte. Dies könnte damit zu tun haben, dass im Gletscherbett die Molasse auf der rechten Seite, wie die Bohrung B3 zeigt, höher steht als auf der linken. Es ist auch die Tatsache zu berücksichtigen, dass die ganze Moränenlandschaft nicht auf dem heutigen Niveau des Seelandes, sondern auf dem des einstigen Seegrundes abgesetzt wurde. Doch fällt dies bei der morphologischen Betrachtung wohl nicht stark ins Gewicht: Die Mächtigkeit der nacheiszeitlichen Verlandungsbildungen beträgt in der Nachbarschaft nur 4–6 Meter (Bohrungen Nr. 18, 19, 21, 25, 28, 90, 99 auf der Karte von SCHÄR et al.).

M32 Siselen–Grosswald: Länge 2500 m, Breite 1500 m, maximale Überhöhung 50 m (A1a). Diese ebenfalls sehr mächtige Struktur liegt in der genauen Achsenverlängerung des Systems M31 und ist als ein früheres Stadium derselben Moränen aufzufassen. Sie ist etwas weniger gegliedert als M31, weist aber mit ihrem höchsten Punkt (494 m) eine noch beträchtlichere Überhöhung auf als jene. Auch hier zeigt die geologische Karte von SCHÄR et al. 1971 einen schmalen Streifen Würm-Vorstoss-Schotter, aber nur im nördlichen Teil ihrer rechten Flanke. Eine Bohrung (B) im Westteil ergab fluvioglaziale Schotter unter Grundmoräne. Sie erreichte in 24 m Tiefe das Molassebett nicht.

2. Der Moränenkranz von Bern und seine Fortsetzung am Längenberg

Als BALTZER 1896 seine Monographie über den diluvialen Aaregletscher schrieb, lag «die grosse bernische Endmoräne, eine der schönsten der Schweiz, bogenförmig zwischen Gurten und Schänzli ausgespannt und den Hauptteil der Stadt umschlingend» (l.c. S. 67) noch weit ausserhalb der Stadt. Die einzigen heute nicht überbauten, sondern bewaldeten Teile dieses Moränenkranzes sind das Steinhölzli im Süden und der oberste Teil des Schönbergs, der höchsten Erhebung der Gemeinde Bern, im Norden. Zwischen diesen beiden markanten Hügeln erstreckt sich der Moränenkranz über die Erhebungen der Friedenskirche (Veielihubel) und der Inselkapelle zum Finkenhubel und zur Grossen Schanze, jenseits der Aare setzt er sich fort im Hügel des Kursaals und im Rosengarten (vgl. *Abb. 14*).

Dieser berühmte Kranz weist nirgends den Charakter eines längeren Walles auf, sondern den einer bogenförmig angeordneten Reihe von Hügeln. Diese können mindestens teilweise als Mittelmoränen-Endaufschüttungen verstanden werden. Am deutlichsten ist dies morphologisch heute noch am höchstgelegenen dieser Hügel, dem auf Seite 110 besprochenen Schönberg (*Abb. 5, M11*), zu erkennen.



Abbildung 14: Der Aaregletscher im Bernstadium. Von den etwa zehn Mittelmoränen, die er besessen haben muss, sind sechs mit ihren Endaufschüttungen dargestellt. Eine grosse Mittelmoräne endet auf dem Belpberg, der als Nunatak aus dem Eis ragt, und schüttet dort den Hügel des Chutzen auf. (Zeichnung von Martin Ryser, Bern)

Am Hang des Gurtens und des Längenberges lässt sich der linke Eisrand des Bern-Stadiums viele Kilometer weit verfolgen. GERBER hat dies schon 1919 beschrieben. Der Eisrand verlief in diesem Stadium wie folgt: Vom Hügel Pt. 583.3 südlich der Lerbermatt stieg er an den Gurtenhang und bildete dort die langsam ansteigende Geländeterasse mit den Höfen Mätteli und Rossacher. Zwischen diesen beiden Punkten liegt auf der flachen Wallmoräne am Waldrand der schönste Schalenstein in Berns Umgebung. Nach dem Einschnitt des Gurtentäli ist dasselbe Stadium wieder erkennbar im Säuhoger Pt. 712. Von dort verläuft eine schöne Seitenmoräne dem Längenberghang entlang über Winzenried Pt. 757 – Grossmatt Pt. 773 – Zälgli Pt. 811 – Cholacher Pt. 846–Pt. 881.2, meist als deutlicher Wall, streckenweise nur als Terrasse ausgebildet. Sie weist auf der 6 km langen, fast ununterbrochenen Strecke von Pt. 881.2 bis Pt. 724.2 ein mittleres Gefälle von 2,6% auf. Erst in dem mit Felsbändern durchzogenen Steilhang zwischen Guetenbrünnen und Leuenberg verliert sich die Moräne, taucht aber zwischen Hermiswil und Boden als schmaler Wall wieder auf. Bei Riggisberg muss eine Seitenzunge des Aaregletschers über die flache Wasserscheide westwärts bis in die Gegend von Helgisried vorgestossen sein. Der zugehörige Eisrand lässt sich am Hang von Mättiwil–Rüeggisberg nur undeutlich verfolgen, weil dort keine Wallmoräne abgesetzt wurde. Um so markanter tritt er wieder in dem Mittelmoränen-Endhügel Wilerhubel in Erscheinung (vgl. dazu M6, S. 108, und *Abb. 8*).

Es ist nicht wahrscheinlich, dass der Eisrand auf der ganzen Strecke von Helgisried bis Bern vom gleichen Teilgletscher des Aare-Systems gebildet wurde. Dies wäre nur dann der Fall, wenn der westlichste Teilgletscher, der Simmengletscher, bis Bern gereicht hätte, was sicher nicht der Fall war. (Die Wallmoränen am Längenberg enthalten reichlich Gasterngranit, der Kandergletscher bildete also schon dort die linke Flanke des Aaregletschers.) Vielmehr werden die Teilgletscher aus Simmen-, Diemtig- und Engstligental zwischen dem Alpenrand und Bern seitlich ausgelaufen sein, d.h. die beteiligten Mittelmoränen müssen irgendwo auf dieser Strecke unter Bildung einer lateralen Mittelmoränen-Endaufschüttung geendigt haben. Wo finden sich diese Strukturen?

Am grössten und am klarsten, geradezu klassisch ausgebildet ist eine solche in dem oben genannten Wilerhubel Pt. 875.5 zwischen Helgisried und Eichmatt. Viel kleiner, aber wohl auch nur als Mittelmoränen-Endaufschüttung zu deuten, weil nach rückwärts ohne Fortsetzung in die Luft hinausstreichend, ist der auch schon genannte schmale Wall zwischen Hermiswil und Boden. Und endlich glauben wir im Säuhoger Pt. 712 südlich Kehrsatz eine Mittelmoränen-Endaufschüttung zu erkennen, dies um so mehr, als er sich gut in die auf Seite 123 beschriebene, von Gurten Kulm über Studholz und Ruine Ägerten verlaufende Serie einfügt (*Abb. 17, S1*). Der linke Eisrand des Aaregletschersystems wäre also auf der Strecke vom Alpenrand bis Bern im Bernstadium von vier verschiedenen Teilgletschern gebildet worden. Die Wallmoränen sind nacheinander als Fortsetzung des jeweiligen inneren Schenkels der Mittelmoränen-Endaufschüttung zu deuten (vgl. dazu *Abb. 2: sekundäre Ufermoränen*). Die Identifikation der in Frage kommenden Teilgletscher dürfte mit Hilfe des verschiedenen Gesteinsspektrums in den jeweiligen Moränen möglich sein.

3. Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen

Aufeinanderfolgende Gletscherrückzugsstadien führen bei den Seitenmoränen zu \pm parallel verlaufenden Wällen. Der einzelne Wall zeigt ein Gefälle in der Fliessrichtung, und ein später entstandener Wall liegt immer tiefer als ein früherer. Bei den Mittelmoränen-Endaufschüttungen ergeben sich zwangsläufig andere Gesetzmässigkeiten. Sie seien im folgenden kurz dargelegt.

Als eine Serie bezeichnen wir die in aufeinanderfolgenden Stadien von einer und derselben Mittelmoräne hinterlassenen Endaufschüttungen. Lag die Gletscherzunge in einem Talboden und endigte die Mittelmoräne am Ende der Gletscherzunge, so kamen die Mittelmoränen-Endaufschüttungen einer Serie in der Fliessrichtung \pm linear hintereinander zu liegen. Bei lateral in einem Talboden endigenden Mittelmoränen entstand eine seitlich gestaffelte Serie. In beiden Fällen nimmt die Höhenlage der Mittelmoränen-Endaufschüttungen (d.h. die Höhe des Grundes, auf den sie abgesetzt wurden) in der Reihenfolge ihrer Entstehung zu.

Auf frontal ansteigendem Grund liegen die (gestauchten) Mittelmoränen-Endaufschüttungen linear hintereinander, ihre Höhenlage nimmt aber – entsprechend dem

A Auf ebenem Grund					
1 terminal			2 lateral		
a Schnur	b Kette	c Reihe	a Schnur	b Kette	c Reihe
B Auf geneigtem Grund					
1 Grund terminal (frontal) ansteigend			2 Grund lateral ansteigend		
a Schnur	b Kette	c Reihe	a Schnur	b Kette	c Reihe

Abbildung 15: Typen der Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen in schematischer Übersicht.

abfallenden Grund – in der Reihenfolge ihrer Entstehung ab. Dasselbe gilt bei Endaufschüttungen auf lateral ansteigendem Grund, aber hier liegen sie nicht linear hintereinander, sondern sind gegeneinander versetzt.

Eine weitere Differenzierung, die auch die Entfernung der verschiedenen Stadien berücksichtigt, führt zu der in *Abbildung 15* dargestellten schematischen Systematik der typischen Fälle. Natürlich sind viele Zwischenformen möglich, und es kann auch ein und dieselbe Serie vom einen in den andern Typ übergehen.

Beschreibung der auffälligsten Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen

In *Abbildung 17* und *Abbildung 18* sind elf Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen (S1 bis S11) dargestellt, die im folgenden kurz besprochen werden. Die markantesten Einzelstrukturen der meisten Serien wurden im Kapitel IV,1 bereits beschrieben.

S1 Gurten Pt. 858.1–Ruine Ägerten Pt. 814–Säuhoger Pt. 712 (Aare-intern)

Über den Rücken des Gurtens läuft von NW nach SE eine Serie von geradlinig hintereinander angeordneten Mittelmoränen-Endaufschüttungen (*Abb. 16*). Die drei ersten (in *Abb. 5*, M4 dargestellt), markiert durch die Punkte 856.1 Westsignal, 858.1 Ostsignal und 841.4 westlich Studholz, gehen direkt ineinander über. Die mittlere der drei Strukturen mit dem Ostsignal (M4) wurde auf S. 108 bereits besprochen. Der westlichste Hügel mit dem Punkt 856.1 ist nur als Ansatz vorhanden. Der südöstliche Teil der Dreierserie mit Pt. 841.4 im Studholz zeigt im Gegensatz zu den Gipfelpartien, die wohl auf annähernd horizontalen Grund aufgesetzt wurden, den Charakter eines frontal gestauchten, kurzen Mittelmoränen-Endkeils mit steil ansteigendem Sporn.

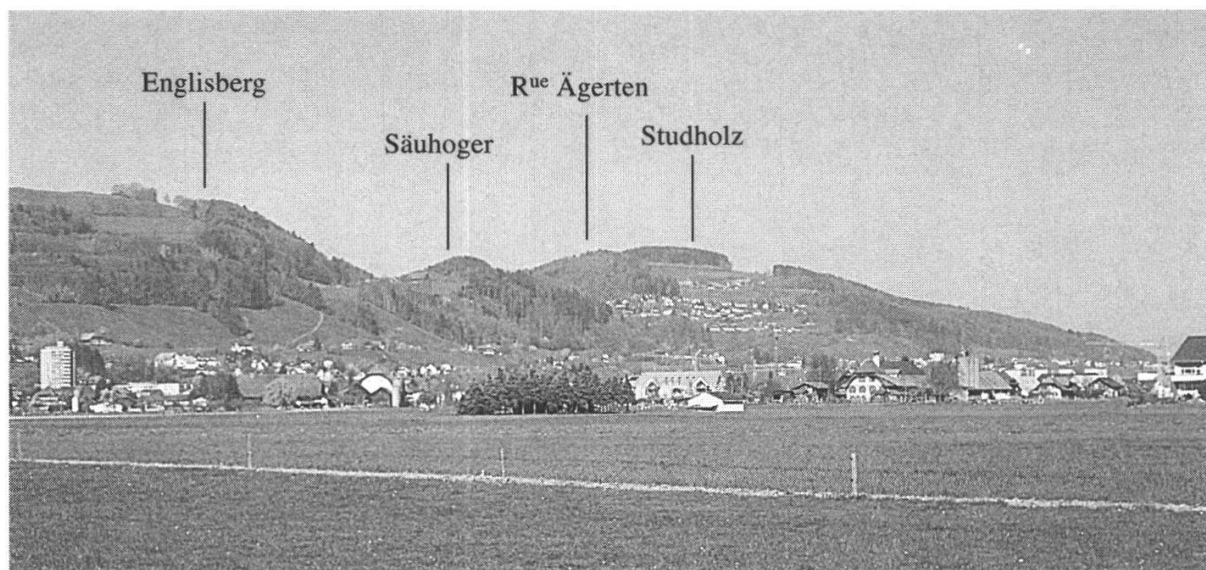


Abbildung 16: Die Serie Gurten–Säuhoger (*Abb. 17*, S1) vom Belpmoos aus gesehen. Sichtbar sind der Säuhoger, der Waldhügel der Ruine Ägerten und das Studholz. (Foto 1997)

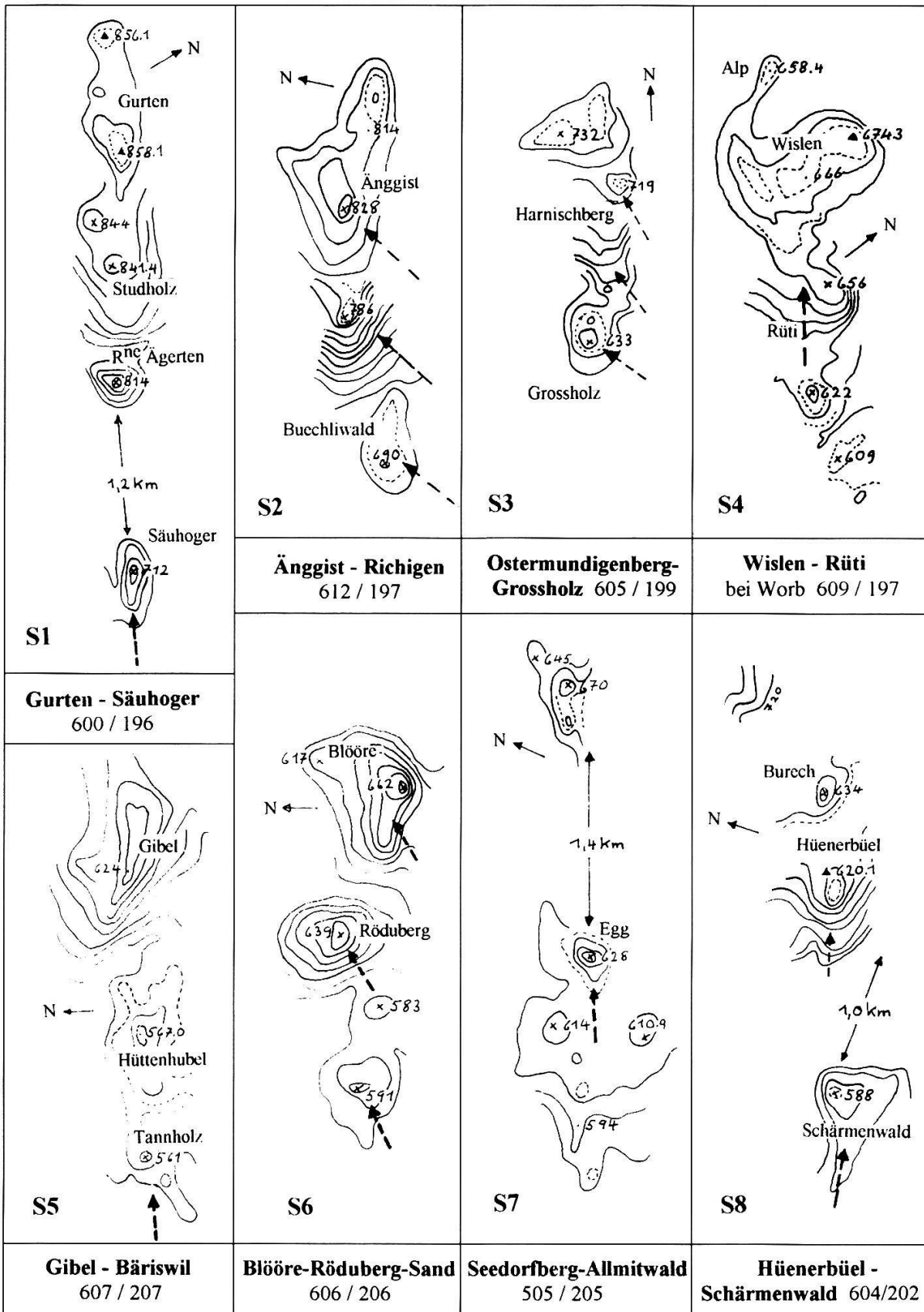


Abbildung 17: Beispiele für Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen im Kurvenbild der Landeskarte 1:25 000. Verkleinerung ca. 0,66mal.

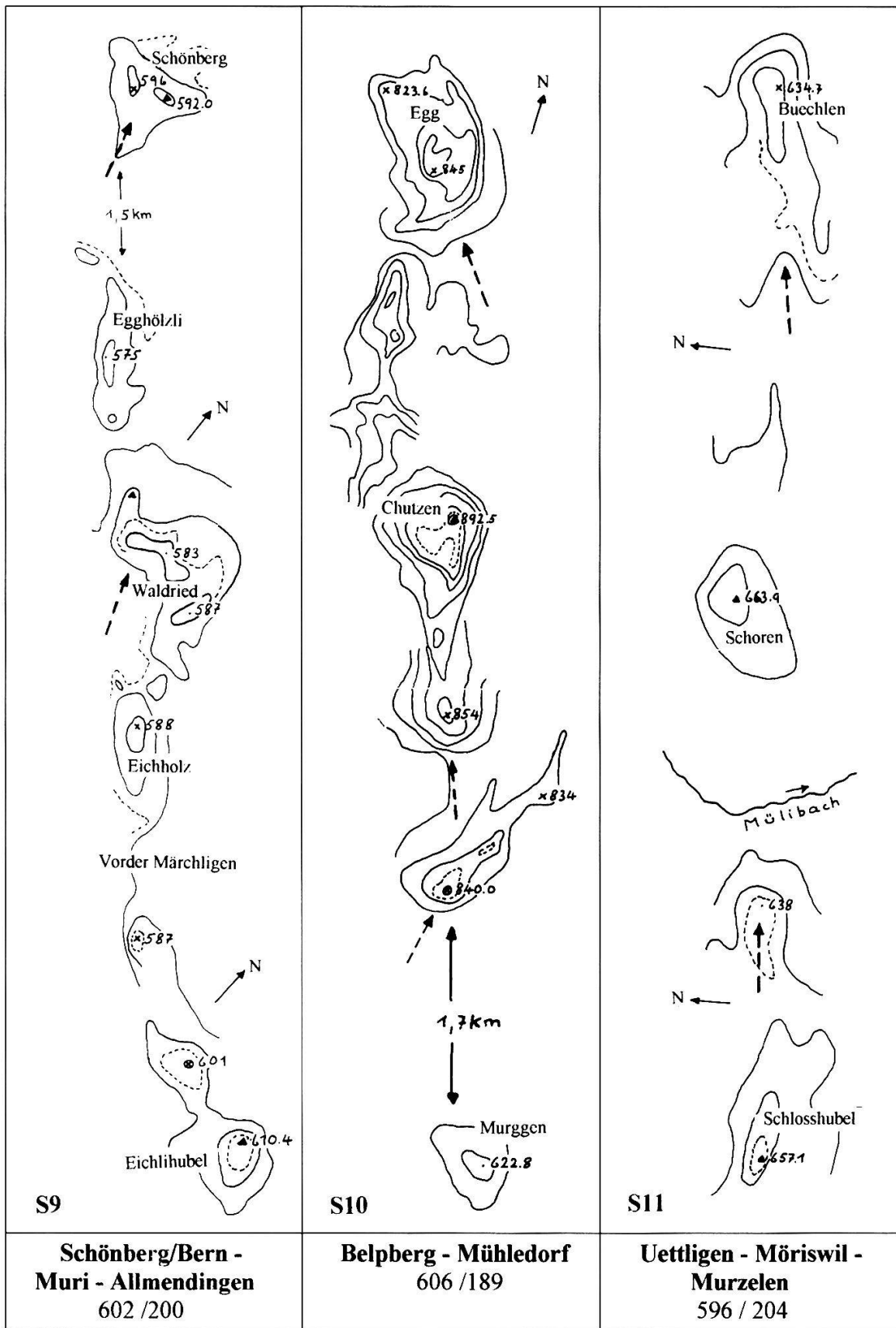


Abbildung 18: Beispiele für Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen im Kurvenbild der Landeskarte 1:25 000. Verkleinerung ca. 0,66mal.

Weiter nach Südosten folgt nach einem Einschnitt als vierte Endstruktur der Hügel mit der Ruine Ägerten Pt. 814. Jenseits des Gurtentals setzt sich die Serie fort im Säuhoger Pt. 712 südlich Kehrsatz.¹

S2 Änggist Pt. 828–Richigen (Aare-intern)

Der auf einen hohen Molasse-Nunatak aufgesetzte Mittelmoränen-Endkeil des Änggist 828 m (M9) wurde auf S. 109 besprochen. Er bildet vermutlich mit den beiden Strukturen von Pt. 786 im Houtiwald und Pt. 690 im Buechliwald eine Serie vom Typ B2c (Abb. 15). Der eigentliche Änggist wurde auf dem einigermaßen flachen, hochgelegenen Rücken des Nunataks abgesetzt, die beiden folgenden Strukturen an dessen steilem Hang.

S3 Ostermundigenberg Pt. 732–Grossholz Pt. 633 (Aare-intern)

Hier handelt es sich um eine ganz ähnliche Serie wie bei S2: Die schöne Gipfelstruktur, welche die Umgebung von Punkt 732 bildet, wurde auf den Molasserücken, die folgenden Strukturen auf den Hang des Ostermundigenberges aufgesetzt. Diese sind ineinander verschachtelt, die Serie gehört also zum Typ B2a (Abb. 15). Sie erstreckt sich über die GERBER-Stadien 2 bis 4.

S4 Wislen Pt. 674.3–Rüti bei Worb (Aare-intern)

Die breite Kopfreion dieser Serie ist dem Molassehügel von Wislen südwestlich von Worb aufgesetzt. Der linke Schenkel, von GERBER 1927 dem Stadium 4 zugerechnet, setzt sich auf wenig tieferem Niveau gegen Alp zu fort. Am Hang von Wislen bis Pt. 622 zeigt die Serie den Typus B1a, in der Ebene geht sie in den Typus A1b über. Ganz klassisch ausgeformt sind die beiden kleinen Hügel Pt. 622 und Pt. 609. Diese werden von GERBER dem Stadium 5 zugeordnet.

Wir vermuten, dass es sich bei dieser Serie um dieselbe Mittelmoräne handelt, die in GERBERS Stadium 3 2 km weiter nördlich bei Neuhus auf den Dentenberg auflief und von dort mit ihrem linken Schenkel den grossen sekundären Seitenmoränenwall auf dem Dentenberg und Gümlienberg bildete.

S5 Gibel Pt. 624–Hüttenhubel Pt. 567.0–Tannholz Pt. 561 (Rhone-intern)

Der markante Waldhügel des Gibels östlich Bärswil wurde als einzelner Mittelmoränen-Endhügel bereits beschrieben (M25, S. 116). Er bildet den Kopf einer Serie, die

¹ Die einzelnen Strukturen der Gurten-Serie sind auf der Karte von JENNY-BALTZER-KISSLING 1896 und auf derjenigen von NUSSBAUM 1922 als Wälle kartiert. GERBER 1927 bezeichnet die Gipfelstrukturen als Würmmoräne allgemein, ohne sie einem Stadium zuzuordnen. Erst mit dem Hügel der Ruine Ägerten setzt er sein Stadium 1 an, das in der Moränenterrasse des Hofes Äbersold weiter geht. Der Säuhoger gehört zu GERBERS Stadium 3. Wo die Mittelmoräne in GERBERS Stadium 2 auf Grund lief, ist im heutigen Gelände nicht zu erkennen. Wir halten es für möglich, dass diese Stelle bei der Eintiefung des Gurtentäles, das wohl erst während der Rückzugsstadien am Ende der Eiszeit seine heutige Form erhielt, mit ihrem Molasseuntergrund abgetragen wurde (vgl. dazu auch WAGNER 1986, S. 93, über die Entstehung des Gümliental). **Die Rückzugsstadien 1–6 nach GERBER 1927 sind in der Tabelle S. 128 zusammengefasst.**

sich westlich des Dorfes im heute stark überbauten Hügelrücken des Huttibüel und im Tannholz östlich Schönbühl weiterverfolgen lässt. Beim Huttibüel, der vom Grauholztunnel der SBB durchquert wird, sind wir gut über die Mächtigkeit der quartären Überlagerung informiert. Der Tunnel verläuft auf 510 m Höhe vollständig in quartärem Lockergestein, der Felsgrund liegt nach den aufgenommenen seismischen Profilen dort unter 500 m. Eine Spülbohrung, die 1986 von der Firma Grundag AG auf dem Rücken des Hüttenhubel (565 m) abgeteuft wurde, erreichte in 70 m Tiefe die Molasse nicht (Geol. Dokumentationsstelle WEA). Die durchbohrten Schichten werden grösstenteils als Sand und Silt mit wenig Kies, erst zwischen 53 und 70 m als vorwiegend Kies angegeben. Die Genese der Bildungen blieb rätselhaft. Die Serie kann dem Typus A1c oder A2c zugeordnet werden.

S6 Blööre Pt. 662–Röduberg Pt. 639–Urtenenberg Pt. 591 (Rhone-intern)

Die beiden markanten Waldhügel Blööre und Röduberg wie auch die eher flache Bildung mit Pt. 591 am Urtenenberg sind als Einzelstrukturen bereits beschrieben worden (M24, M23, M26, S. 116). Alle haben einen Molassekern, über den wir im Falle des Urtenenberges am besten informiert sind. Die Serie besteht aus einer Reihe vom Typus B2c (Abb. 15).

S7 Seedorfberg Pt. 670–Egg Pt. 628–Allmitwald (Rhone-intern)

Hier handelt es sich, verglichen mit den Serien S5 und S6, um eine Mittelmoräne eines kleineren, schmaleren Typs. Die beiden Hauptstrukturen bei Pt. 670 und Pt. 628 sind bereits beschrieben worden (M29, M28, S. 117). Wie aus den aufgeführten seismischen Studien hervorgeht, sind beide unabhängig vom Felsuntergrund entstanden. Einige kleine Erhebungen im Allmitwald können wahrscheinlich als interstadiale Verlängerung der Rückzugslinie dieser Mittelmoräne betrachtet werden. Die Serie zeigt den Typ B2c.

S8 Hüenerbüel Pt. 620.1–Schärmenwald Pt. 588 (Aare/Rhone)

Die Serie der Mittelmoräne zwischen den zurückweichenden Gletschersystemen des Aare- und des Rhonegletschers ist von WAGNER 1986 (S. 67ff.) eingehend beschrieben worden und braucht hier nur in den Grundzügen rekapituliert zu werden. Hauptangelpunkt ist der Hüenerbüel Pt. 620.1 (Abb. 9, M21). Zwei höhere (frühere) Stadien lassen sich im Burech Pt. 634 (l.c. S. 86) und in einer kleinen Erhebung in der Waldecke W Bantigen (Koord. 606 630/202 800/730, l.c. S. 90) nachweisen. Ein tieferes (späteres) Stadium ist als klassischer, fast vollkommen symmetrischer Mittelmoränen-Endkeil im Schärmenwald Pt. 588 zwischen Ittigen und Ostermundigen ausgebildet (l.c. S. 79ff., M22 S. 112 in der vorliegenden Arbeit). Von dort bis zum Ansatz der Mittelmoräne am Nordhang des Gurtens, zuletzt wohl am Nordhang des Könizberges, ist die Serie im heutigen Gelände kaum mehr verfolgbar. Wir halten aber die 1986 aufgestellte Hypothese, dass sie in den Erhebungen «Kuhshatten» (heute im Areal des Freibads Wyler) und Beaulieu (heute Hochfeld-, Beaulieu- und Simonstrasse) ihre Fortsetzung findet, immer noch für wahrscheinlich. Diese Erhebungen werden sowohl

Tabelle: Die Würm-Rückzugsstadien des Aaregletschers im Gebiet von Bern nach GERBER 1927

Stadium	linke Gletscherseite	Stirn	rechte Gletscherseite
1	Englisbergegg 842.2 Ruine Ägerten 814 Aebersold ca. 810	– (Kontakt mit Rhonegletscher)	Habstetten 637 ¹ Bantigen 722 ³ Egghübeli/Ferenberg 782
2	Gurtendörfli 748 Grünenboden 686	– (Kontakt mit Rhonegletscher)	a Mannenberg 622,0 ¹ Bolligen 578 ¹ Burech 634 ² Riedli 665.1 ³ Buchholz 679 ³ b Ittigen 587 ¹ Hüenerbüel 620.1 ² Schwandiholz 621 ³
3	Säuhoger 712 Unter Gurten 683 Mätteli ca. 640	Pt. 581 (Steinhölzliwald) Pt. 578.4 (Mon Repos) Friedenskirche Inselkapelle Finkenhübel Kursaal Rosengarten Schönberg 596 Pt. 590 E Waldegg	Ostermundigenberg 662 Gümligenberg ca.700 Dentenberg 741 Pt. 636 N Vechigen ⁴ Feltsche 694 ⁴ Worbberg 763 ⁴
4	Pt. 602 W Kehrsatz Ober Breitenacher ca. 580 Chli Wabere 561	a Schosshalde 575.7 b Burgernziel 553 Wittigkofen 557.1	a Rütibüel 569 Grossholz 633 Gümligenberg 695 Neuhus ca. 700 Vechigen ca. 610 ⁴ Eggwald 681 ⁴ b Melchenbühl 560.6 Schloss Gümligen 582 Houti 642
5	Äpperied 552 Kehrsatz 570 Pt. 542 (Nesslerenhölzli)	Elfenau 542.5 Villette	Egghölzli 575 Waldried 587 Rüfenacht 631 Gäuer/Trimstein 656.3
6	Im Loon ca. 560	– (verschwemmt)	Vorder Märchligen 587 Allmendingen/Eichlihubel 610.4 Gschneitwald 624 Horn 646,7

Für diese Moränen gab WAGNER 1986 folgende Interpretationen (¹ bis ³ in Abweichung von GERBER 1927):

¹ Rhone-Moränen.

² Mittelmoränen Aare-/Rhonegletscher.

³ Linksseitige Moränen der durch den Rhonegletscher ins untere Worblental abgedrängten Endzunge des Aaregletschers.

⁴ Rechtsseitige Moränen der Worber Seitenzunge des Aaregletschers.

**Pass dich dem Schritt der Natur an;
ihr Geheimnis heisst Geduld.**

Ralph W. Emerson

von BACHMANN 1873 (S. 9) als auch von BALTZER 1896 (S. 67, 81, 133, 136) als Teile eines äussersten, verschwemmten Moränenkranzes ausserhalb des Bernstadiums aufgefasst.

S9 Schönberg Pt. 596–Egghölzli Pt. 575–Waldried Pt. 587–Allmendingen Pt. 610.4 (Aare-intern). Diese Serie beginnt deutlich erkennbar mit dem markanten Waldhügel Egghölzli Pt.575 (*Abb. 5, M12*), setzt sich durch das Dorf Muri fort im ausgedehnten Hügel von Waldried Pt. 587 (*M 13*), weiter nach SE im Eichholz Pt. 588, im Wäldchen beim Schloss Märchligen dann über den Hügel Pt.587 zu den beiden Kuppen Pt. 601 und 610.4 Eichlihubel (*M 14*) bei Allmendingen. Es handelt sich hier um die schon von BALTZER 1896 als Mittelmoräne erkannte Hügelreihe (vgl. dazu das Zitat auf S. 93). Unklar bleibt indessen, was BALTZER mit der Fortsetzung der Mittelmoräne auf einer Strecke von 13 km – das wäre bis in die Gegend von Wichtrach – gemeint haben kann. Wir finden südlich von Allmendingen im Aaretal keine Strukturen mehr, die sich als Mittelmoränen-Endaufschüttungen interpretieren liessen.

Dagegen kommen wir fast zwangsläufig zu der Auffassung, dass derselben Serie auch der S. 110 beschriebene Mittelmoränen-Endkeil des Schönberg (*Abb. 5, M11*) zuzurechnen ist. Er liegt 1,5 km nördlich vom Egghölzli genau in der Verlängerung der Serie Muri–Allmendingen. Andererseits ist eine rückwärtige Fortsetzung der mächtigen Schönberg-Moräne mit grosser Wahrscheinlichkeit zu erwarten. Diese Serie erstreckt sich demnach über eine Strecke von 5,5 km und umfasst die GERBER-Stadien 3 (Schönberg) bis 6 (Eichlihubel) mit einigen Interstadialen.¹

S10 Belpberg (Aare-intern)

Obschon die Moränen des Belpbergrückens im Gegensatz zu denjenigen des Gurtens schon von BALTZER 1896 als Teile einer Mittelmoräne erkannt worden sind, haben wir es hier mit einem weit komplizierteren System zu tun als auf dem Gurten. BALTZER schreibt darüber:

«Als Mittelmoränen sind auch die Moränen des Belpbergs, besonders die Kuzenmoräne, zu betrachten, welche sich 6 km weit verfolgen lässt und mehrere Anschwellungen zeigt. Eine Masse Blöcke bedecken die meist waldgekrönte Moräne weithin. Bei Linden ist sie durch eine Kiesgrube aufgeschlossen und zeigt hier Grundmoräne mit schön gekritzten Geschieben, darüber Gletscherschutt mit grossen Oberflächenblöcken. Material vorwiegend Kalk, ferner Gneisse, Niesensandstein, zwei bunte Berner-Oberländer-Marmorbreccien; neben häufigerem Grimselgranit doch auch

¹ Der sehr markante, 60 m hohe Hügel im Gross Hüenliwald hat mit dieser Moränenserie nichts zu tun. Zwar zweigt sowohl von seinem Südwest- wie von seinem Nordostfuss je ein flacher, nach Westen bzw. Norden gerichteter Moränenwall ab. Der Hügel selbst, obgleich mit etwas erratischem Gestein bedeckt, besteht jedoch aus Molasse: Das neue Wasserreservoir der Gemeinde Muri wurde 1964 auf 630 m Höhe in Sandstein gebaut, und darüber war noch eine mächtige Nagelfluhkappe aufgeschlossen (mündliche Mitteilung von Dr. HANS MÜLLER, Muri). Der Gletscher muss sich, wohl in GERBERS Stadium 5, am Südostfuss dieses Molassereliktos gegabelt haben. In den Stadien 1 bis 3 lag der Hügel vollständig unter Eis und wurde in der Fliessrichtung in seine heutige Form gehobelt.

spärlicher Gasterngranit, Beweis, dass Aar- und Kandergletscher sich hier berührten und wir eine richtige Mittelmoräne vor uns haben, die ungefähr die Gränze zwischen Aaregletscher und Kander-Simmengletscher gebildet hat.» (l.c. S. 73)

Die Länge von 6 km, von der BALTZER spricht, reicht von der Stirn der Egg-Moräne bei Hohburg bis nach Murggen Punkt 622.8 südlich Mühledorf. Er ordnet also ausser den beiden grossen Strukturen von Egg und Chutzen auch die Hügelchen Pt. 854 Chatzacher, 840.0 Cholacher und den genannten Pt. 622.8 Murggen der Mittelmoräne zu. Er hält offensichtlich alle diese Bildungen für Aufschüttungen ein und derselben Mittelmoräne, und er nennt sie auch beim Namen: Mittelmoräne zwischen Aare- und Kander-Simmengletscher.

Eine Frage besonderer Art ist die der Zuordnung der beiden Hauptstrukturen, Chutzen und Egg (M3, M15 *Abb. 5*) zu den bekannten Rückzugsstadien. Welche der beiden Strukturen ist älter, die nördliche oder die fast 40 Meter höhere südliche? Nach Vergleich der Höhenlagen mit den Moränen auf der Längenbergseite kommen wir zu der Auffassung, dass der Chutzen GERBERS Stadium 2 entspricht, d.h. dem Moränenhang zwischen Zimmerwald und Winzenried, das Moränensystem von Egg dagegen dem Stadium 3, d.h. der Wallmoräne östlich der Linie Niederhäuseren–Winzenried. Das würde bedeuten, dass die Struktur von Egg *nach* dem Chutzen entstanden ist, dass also die aktuelle Mittelmoräne auf dem Gletscher in diesem Stadium östlich am schon existierenden Chutzen vorbeiführte. Die Achsenrichtung der Mittelmoränen-Endaufschüttung von Egg (SSE) stimmt mit dieser Vermutung überein. Zudem findet sich in der Rückwärtsverlängerung dieser Achsenrichtung nördlich der Strasse zwischen Linden und Neuhaus eine Moränenstruktur, die RUTSCH 1927 als verzweigten Wall kartierte und die nach ihrem Aussehen im Gelände am ehesten als kleine (interstadiale) Mittelmoränen-Endaufschüttung eingestuft werden kann.

Nach dieser Interpretation liegen auf dem Belpberg zwei Rückzugsserien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen vor: Eine ältere, dem Stadium 2 zuzuordnen, bildet das System des Chutzen, südlich bis zum Punkt 854 Chatzacher. Nach einem Rückzug stiess der Gletscher nochmals vor (Berner Vorstoss Stadium 3), floss mit seiner Mittelmoräne am Chutzen vorbei und schüttete an ihrem Ende die Struktur von Egg Pt. 845. In der dann anschliessenden definitiven Rückzugsphase zog sich das Mittelmoränenende über den oben beschriebenen kleinen Zwischenhalt bei Linden-Neuhaus zum Punkt 840.0 zurück, welcher die auf Grund laufende Mittelmoräne im Stadium 4 markiert. Ihr rechter Schenkel läuft weiter als Wallmoräne über Rohrholz–Brönnhalten zum Hinteren Chlapf.

Für die Zuordnung des Chutzen zum Stadium 2 spricht auch die Tatsache, dass es sich hier um ein grösseres und komplizierteres System handelt als bei der Egg (vgl. die Darstellung bei RUTSCH 1928), was für GERBERS Stadium 2 auch auf der Längenbergseite typisch ist: In diesem Stadium sind alle Schwankungen enthalten, die sich am Zungenende bei Bolligen als Worblentalstadien 5–8 (vielleicht auch noch 3–4) nachweisen lassen (vgl. WAGNER 1986, S. 86 und Karte S. 111).

Nach der oben beschriebenen Darstellung von BALTZER 1896 ist es erstaunlich, dass RUTSCH 1928 in seiner Belpbergmonographie nicht von einer Mittelmoräne spricht,

sondern den Chutzen und die Moränen bei Egg als System von Wallmoränen darstellt (bei Egg drei, beim Chutzen etwa sechs sich verzweigende Wälle). Interessant ist aber die Feststellung von RUTSCH 1928 über die Mächtigkeit und über die Zusammensetzung der Belpberg-Moränen:

«Die Mächtigkeit dieser Wälle ist z.T. überschätzt worden. Man nahm an, dass die Erhebung des Chutzen vollständig aus Obermoränenmaterial bestehe, was eine Mächtigkeit von fast hundert Metern ergeben würde. Dass dies nicht richtig ist, beweist eine Brunnenbohrung bei der Scheuer S Hölzliried (Chatzacher), wo man nach 6 m durchfahrenem «Grien» auf kompakten Molassesandstein stiess (mündl. Mitt. des Besitzers). Der Chutzen hat also einen Molassekern... Einen zweiten solchen Molassekern möchte man im Mettlenrain N Oberhäusern vermuten.»

«In der Materialzusammensetzung dieser Moränenwälle fällt vor allem eine oft erhebliche Mischung mit Grundmoräne auf, eine Erscheinung, wie sie sonst namentlich bei Endmoränen auftritt. Unter den Komponenten sind namentlich dunkle Kalke (zum grössten Teil Malm) sehr häufig. Daneben kommen aber auch die übrigen Gesteine des Aaregletschers wie Aaregranit, Gasterngranit, nördliche Gneise, Eisensandsteine, Niesenbreccie, Nummulitenkalke, auch Grindelwaldner Marmor (Griengrube Weid, Hintersimlerin), Echinodermenbreccien, Couches rouges (Eggenhorn) usw. vor... Hornfluhbreccie wurde wohl am Längenberg (Grube Trümlern ob Kaufdorf), am Belpberg dagegen nicht gefunden.» (l.c. S. 177)

S11 Buechlen Pt. 634.7–Schoren Pt. 663.9–Schlosshubel Pt. 657.1 (Rhone-intern)

Diese von Uetligen über Möriswil ins Gebiet zwischen Murzelen und Säriswil verlaufende Reihe von Mittelmoränen-Endaufschüttungen stellt den mittleren Teil einer noch weit ausgedehnteren Serie vom Typus A1c dar. Die in *Abbildung 18*, S11 dargestellte Teilreihe wird in der Mitte vom Mülibach quer durchschnitten. Westlich des tief in die Molasse eingeschnittenen Frieswilgrabens setzt sie sich deutlich fort in den flachen Erhebungen Unter Bösuacher Pt. 612 und Oberruntigen Pt. 587. Weniger deutlich hat sie vermutlich auch eine östliche Fortsetzung in den flachen Hügeln nördlich des Chräbsbachtals bei Kirchlindach und Oberlindach bis in die merkwürdig unregelmässig bewegte Landschaft zwischen Oberlindach und Münchenbuchsee. Insgesamt hätten wir es hier mit einer Rückzugsserie von 13 km Länge zu tun, welche 5–6 Stadien und mehreren Interstadialen entsprechen kann. Ihre markanteste Struktur, die Buechlen Pt. 634.7 bei Uetligen (M27), wurde auf S. 117 bereits beschrieben.

Alle diese Erhebungen gehören zu den von NUSSBAUM 1920 durchwegs als Drumlins betrachteten Hügeln in der Gegend von Uetligen und Kirchlindach (vgl. Zitat S. 93f.). Sie müssen nach unserer Darstellung als Mittelmoränenbildungen umgedeutet werden. Als Drumlinlandschaft ist aber nach wie vor das Gebiet Lörwald – Riederwald zu betrachten. Auch STAEGER 1988 hat aufgrund einer auf photogeologische Grundlage basierenden geomorphologischen Studie darauf hingewiesen, dass in diesem Gebiet sehr wohl unterschieden werden kann zwischen eigentlichen Moränen und Drumlins, wobei die Moränen dem Rhonegletscher, die Drumlins aber einem letzten kurzfristigen Vorstoss des Aaregletschers vor dem Bernstadium zuzuordnen seien, der

mit einer westlichen Teilzunge bis zur Saane, mit einer nordöstlichen über das Moosseetal hinaus in die Gegend von Hindelbank reichte. Frontal staute er sich an den Hängen nordwestlich von Kirchlindach auf einer Höhe von etwa 600 m. Dieser Vorstoss überdeckte nach STÄGERS Darstellung (l.c. S. 39) das Gebiet Lörwald–Riedererwald, nicht aber die oben beschriebene Serie von Mittelmoränen-Endaufschüttungen mit Ausnahme ihrer vermuteten östlichen Fortsetzung auf der Linie Kirchlindach–Münchenbuchsee.¹ Unsere Darstellung ist mit derjenigen von STÄGER 1988 vollständig verträglich: Der Aaregletscher bildete im Gebiet Lörwald–Riedererwald, wo sich wegen der genannten frontalen Stauung ganz besondere Fliessverhältnisse ergaben, die Drumlins, und mit seiner Nordostzunge überdeckte und rundete er den östlichsten Teil unserer Serie von Mittelmoränenbildungen, ohne diese ganz wegzuräumen. Neu an unserer Darstellung gegenüber STÄGER ist nur die Interpretation der Rhonemoränen als Mittelmoränen-Aufschüttungen.

Wir hätten also bei den vielen sanften Hügeln nördlich der Aare am Südhang des Frienisbergplateaus dreierlei Bildungen vor uns: Erstens intakte Mittelmoränen-Endaufschüttungen des Rhonegletschers (die Serie S11), zweitens vom Aaregletscher gebildete Drumlins (in denen durchaus auch Material von der vorangegangenen Rhoneüberdeckung vorhanden sein kann), und drittens vom Aaregletscher überprägte Mittelmoränen-Endaufschüttungen des Rhonegletschers.

S12 Bühl–Walperswil–Siselen–Treiten–Ins (Rhone-intern) (keine Abbildung)

Die beiden Hauptstrukturen dieser grössten aller Serien sind unter M31 und M32 (S. 118f.) beschrieben worden. In der Verlängerung der Achsenrichtung von M31 und M32 findet sich jenseits des Hagneck-Kanals in der schmalen Hügelreihe, die sich von Beich über Walperswil bis nach Bühl erstreckt, eine 5 km lange Fortsetzung. Sie besteht aus zwei Elementen: einem von den Hügeln Beich und Beichfeld gebildeten, hakig nach Norden ausholenden südwestlichen Teil und einer erstaunlich homogenlanggestreckten Kette von Mättenhölzli SW Walperswil bis Uf der Hole NE Bühl. Dort endet sie abrupt.

Einige Merkmale hat dieser langgestreckte, der Ebene aufgesetzte Hügelzug mit den Strukturen M31 und M32 gemeinsam: Er hat eine sehr steile rechte und eine flachere linke Flanke, er besteht aus Moränenmaterial, ist von zahlreichen Kiesgruben angenagt und besitzt gemäss Karte von SCHÄR et al. 1971 an seinem rechten Hang auf

¹ STÄGER 1988 bezeichnet diesen letzten Vorstoss als Würm II, ebenso WAGNER 1986. Dies muss nach heutiger Terminologie korrigiert werden. Im Maximum von Würm II lag über Bern mehr als 300 m dick Aare- und Rhoneeis, und alle heute gut erhaltenen Moränen vom Bantigergipfel bis zu den Aaretalstadien sind als Rückzugsstadien von Würm II aufzufassen. Das Bernstadium markiert einen letzten kräftigen Vorstoss des Aaregletschers nach dem Verschwinden des Rhonegletschers aus unserem Gebiet am Ende von Würm II, erreichte aber bei weitem nicht die Maximalhöhe von Würm II. Die als «Spiezer Schwankung» bekannte Warmzeit (BECK 1932) ist zwischen Würm I und Würm II einzuordnen und nicht, wie bei WAGNER 1986 (S. 76, S. 102–104) und STÄGER 1988 (S. 38f.) zwischen die Worblentalstadien und das Bernstadium.

der ganzen Länge einen Streifen Würm-Vorstoss-Schotter. Aber sonst weicht der fast parallelrandige Höhenzug erheblich von den Strukturen M31 und M32 ab: Er zeigt nirgends die für Mittelmoränen-Endaufschüttungen typische keilförmige Verbreiterung und weist eine sehr gleichförmige Höhe von 465–480 m auf.

Das in der Achsenrichtung nach Südwesten an die Moränenlandschaft von Finstertennen–Treiten anschliessende Moränenhügelgebiet im Raume von Müntschemier–Ins und auch noch westlich von Ins ist als südlichster Teil dieser insgesamt 13 km langen und an ihrem Südende 4–5 km breiten Mittelmoränen-Grosslandschaft aufzufassen. Die Tatsache, dass diese eine so klare, heute durch die Eisenbahnlinie markierte südliche Begrenzung aufweist, muss wohl mit dem relativ plötzlichen Aufhören des Eisnachsches vom Genferseebecken her beim raschen Zerfall des Gletschers am Ende der Eiszeit in Zusammenhang gebracht werden.

Die Beschreibung ähnlicher Landschaftsformen in Nordamerika in MENZIES 1996 könnte für das Verständnis der Entstehungsweise unserer Seeländer Moränenlandschaft von Interesse sein: «These features are relatively flat, may or may not have a rim around their margin, and generally lack evidence of collapse topography. They are composed of a variety of sediment types: many contain mostly lacustrine deposits, but others consist of interbedded mass-wasting, fluvial and lacustrine deposits. The lack of collapse topography indicates that deposition took place on firm ground, not on ice, but the depositional basin must have had walls of stagnant ice. Such raised features in North America have been called moraine plateaus, ice-walled lake plains and moraine-lake plateaus.» (l.c. p. 159)

V. Ausblick auf andere Gebiete der Schweiz

Die allgemeinen Gesetzmässigkeiten, die wir für das Zungenendgebiet des diluvialen Aare- und Rhonegletschers beschrieben haben, gelten grundsätzlich in gleicher Weise für alle andern Randgebiete der alpinen Vereisung. Insbesondere müssen die Gletscher aus der Innerschweiz und diejenigen aus dem Rheingebiet zahlreiche Mittelmoränen gebildet haben, und auch die Anzahl der erkennbaren Rückzugsstadien weicht nicht wesentlich von denen des Aare- und Rhonegletschers ab. Es muss also eine entsprechende Häufung von Mittelmoränenaufschüttungen auch in jenen Gebieten vorhanden sein.¹ Ein erster Vergleich der geologischen Karten, vor allem der Geologischen Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete 1:50 000 von HANTKE et al. 1967, mit den entsprechenden Landeskarten 1:25 000 führt erwartungsgemäss auf eine sehr grosse Zahl verdächtiger Einzelstrukturen und Serien. Die meisten wurden von den Bearbeitern

¹ Das berühmte grosse Rundgemälde von ERNST HOEDEL (1852–1902) im Museum des Gletschergartens Luzern stellt die eiszeitliche Landschaft des Vierwaldstättersees in eindrucklicher Weise dar. Auf diesem Bild kann man mindestens 14 Mittelmoränen zählen, von mächtigen Wällen bis zu feinen, z.T. auf der Eisfläche auslaufenden Streifenchen. Das Bild dürfte der eiszeitlichen Wirklichkeit recht gut entsprechen.

als Drumlins, als kurze Wälle oder als Wallverzweigungen kartiert. Als Beispiele seien hier die folgenden besonders grossen oder auffälligen Bildungen aufgeführt:

- Ein sehr komplexes System von Aufschüttungen einer grossen Mittelmoräne befindet sich am Südosthang des Buechbergs südlich des oberen Zürichsees.
- Eine lineare Serie vom Typus A1c (Abb. 15) liegt nördlich des Zugersees. Sie lässt sich mindestens vom Hügel Altgrüt Pt. 482 NW Knonau über Äbnet–Hasental bis in den Schlosshügel von Steinhausen verfolgen.
- Bei Rifferswil ZH liegt mit den beiden Hügeln Hinteralm Pt. 617 und Egg Pt. 616.9 ein doppelter Mittelmoränen-Endkeil vor.
- Südwestlich von Uster beginnt mit der Erhebung Schwyzerberg eine Serie vom Typus A1b ober A1c, die sich über die Punkte Esel, Bergholz, Steinacher mindestens bis nach Bertschikon verfolgen lässt. Die Reihe hebt sich deutlich von der nahen Drumlinlandschaft von Wetzikon ab.
- Eine sehr bedeutende Serie vom Typus A1c liegt im unteren Glattal. Sie beginnt am Südennde des Strassberges NW Hochfelden und bildet weiter südlich die markanten Einzelhügel Höriberg, Eschenberg und Hasliberg SW Oberglatt.
- Westlich des Glattals, zwischen Neerach und Steinmaur, findet sich eine an aufsteigender Molasse gestaute Serie vom Typus B1b mit dem Heitlig Pt. 532.1 als Kopf und den nach SE anschliessenden Strukturen von Lätten Pt. 491, Grepp Pt. 481.3 und Rodlof Pt. 461.3.
- Blicken wir über die Landesgrenze hinaus, so finden wir auch in Süddeutschland zahlreiche Mittelmoränenaufschüttungen. Die Halbinsel Reichenau muss als Ende eines sehr grossen Mittelmoränensystems des Rheingebietes aufgefasst werden. Sie hat in Form und Grösse eine verblüffende Ähnlichkeit mit der gewaltigen Mittelmoränen-Landschaft zwischen Treiten und Finsterhennen im Berner Seeland, die nach der Eiszeit auch als Insel aus dem grossen Seelandsee herausgeragt haben muss. Die Reichenau bildet vermutlich mit dem Hügel Blatt am Südufer des Zellersees und mit einer Erhebung auf dem Grund des Bodensees 3 km nordöstlich von Romanshorn eine Serie. Auch die Insel Lindau ist ein Mittelmoränen-Endkeil, und auch sie hat auf dem Seegrund 2 km weiter südöstlich eine klare Fortsetzung.

Die aufgeführten Beispiele gehören alle zu den Rückzugsstadien von Würm II. Es gibt jedoch in der Nordschweiz und in Süddeutschland auch Mittelmoränenstrukturen in risseiszeitlichen Deckenschottern, so z.B. in den Hügeln W von Schaffhausen und N von Neuhausen, im Dietlisberg NE Rafz, auf den Hügeln N und E von Hägglingen AG (Meiengrüen, Lorenwald, Salhau) u.a.

Zum Auffinden der vielen weiteren vorhandenen Strukturen, die als Mittelmoränenaufschüttungen zu interpretieren sind, wird es ausgedehnter Feldstudien bedürfen. Besonderes Interesse verdienen auch die grossen Moränengebiete am Südfuss der Alpen.

VI. Zusammenfassung

1. Die allgemeine Bedeutung der Mittelmoränen alpiner Gletscher für den Schutttransport

Ausgehend von der Entdeckung einer grossen Mittelmoräne zwischen Aare- und Rhonegletscher östlich von Bern (WAGNER 1986) untersucht der Verfasser die Frage von Mittelmoränen *innerhalb* der komplexen Systeme des eiszeitlichen Aare- und des Rhonegletschers. Er analysiert in allgemeiner Weise das quantitative Verhältnis des Oberflächenschutttransportes in Mittelmoränen zu demjenigen in den verbleibenden Seitenmoränen des Systems und fasst dies für ein System aus n Teilgletschern mit $n-1$ Mittelmoränen in die Formel $n-1/n : 1/n$. Das System des Aaregletschers bestand aus etwa 12, dasjenige des Rhonegletschers aus weit mehr Teilgletschern.

2. Die Ablagerungen von Mittelmoränen in stationären Phasen

Ein Gletscherstadium, das bleibende Seiten(Ufer-)moränen absetzte, muss auch am Ende seiner Mittelmoränen bedeutende Aufschüttungen gebildet haben. Unter der vereinfachten Annahme gleicher ursprünglicher Moränenstärke lagert eine Mittelmoräne während einer stationären Phase an ihrem Ende auf einer kurzen Strecke gleichviel Schutt ab wie zwei Seitenmoränen längs ihres Ufers. Diese Aufschüttungen bestehen zwar aus denselben Materialien wie die Ufermoränen, entstehen aber durch eine wesentlich andere Sedimentationsweise und erhalten daher eine markant andere Form als jene: Sie sind im typischen Fall im Grundriss keilförmig, in der Fliessrichtung ansteigend, oft zweigipflig und in der Front konkav. Es werden zahlreiche Variationen dieser Grundform beschrieben. Ein Schenkel der Mittelmoränen-Endaufschüttung (selten beide Schenkel) kann sich, wenn eine Mittelmoränenhälfte wieder zur Seitenmoräne wird, als sekundäre Ufermoräne fortsetzen.

3. Beschreibung einzelner Mittelmoränen-Endaufschüttungen

Die Anwendung der oben gegebenen Formel auf den eiszeitlichen Aare- und den Rhonegletscher und die Berücksichtigung der zahlreichen, im betrachteten Gebiet nachweisbaren Würm-Rückzugsstadien führt zu der Erkenntnis, dass die Zahl der stadialen Mittelmoränen-Endaufschüttungen beträchtlich sein muss. Es werden 32 Geländestrukturen beschrieben, deren Entstehung als solche der Verfasser für wahrscheinlich hält.

4. Serien von Mittelmoränen-Endaufschüttungen

Wie sich zeitlich aufeinanderfolgende Rückzugsstadien durch \pm parallel *nebeneinander* verlaufende Wallmoränen zu erkennen geben, so hinterlassen Mittelmoränen in denselben Stadien eine Serie linear oder gestaffelt *hintereinander* liegender Endaufschüttungen. Es werden 12 solche Serien beschrieben.

5. Aufruf zu weiterer Forschung und Kartierung

Der Verfasser postuliert die Existenz vieler weiterer Mittelmoränen-Endaufschüttungen im Untersuchungsgebiet und ausserhalb desselben, so insbesondere im Zungengebiet der zentral- und ostschweizerischen Gletscher, aber auch im nördlichen und südlichen Alpenrandgebiet unserer Nachbarländer. Er regt ihre Kartierung und die genauere Erforschung ihrer sedimentären Strukturen an.

6. Karte 1:25 000

Auf einer der Arbeit beigelegten Karte 1:25 000 des Gebietes östlich von Bern werden die beschriebenen und zahlreiche weitere Geländestrukturen, die der Verfasser auf Mittelmoränen-Endaufschüttungen zurückführt, besonders hervorgehoben.

VII. Literatur

- AEBERHARDT, B. (1912): La question de l'ancien glacier de l'Aar et ses relations avec celui du Rhône. *Eclogae geol. Helv.* 11, 752–771.
- BACHMANN, I. (1873): Der Boden von Bern. Fischer, Bern. 32 S.
- BECK, P. (1932): Über den eiszeitlichen Aaregletscher und die Quartärchronologie. *Verh. Schweiz. Naturf. Ges.* 113. Jahresvers.: 189–207.
- BALTZER, A. (1896): Der diluviale Aargletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern mit Berücksichtigung des Rhonegletschers. *Beitr. zur geol. Karte der Schweiz* 30. 169 S.
- BENNETT, M.R. & GLASSER, N.F. (1996): *Glacial Geology. Ice Sheets and Landforms*. Wiley & Sons, New York.
- EHLERS, J. (1994): *Allgemeine und historische Quartärgeologie*. Enke, Stuttgart. 358 S.
- GERBER, E. (1919): Über den Zusammenhang der Seitenmoränen am Gurten und Längenberg mit den Endmoränen von Bern und Umgebung. *Mitt. Naturf. Ges. Bern* 1919, XXXIV–XXXVIII.
- (1955): Ergebnisse glazialgeologischer Studien nordöstlich von Bern. *Mitt. Naturf. Ges. Bern N.F.* 12: 3–21. Geologische Dokumentationsstelle des WEA (Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern).
- GRAUL, H. & LOESCHER, M. (1979): Die Würmeisstände des Aaregletschers um Bern und Thun. *Sammlung quartärgeol. Studien, Geogr. Inst. Univ. Heidelberg*: 10.34.
- HANTKE, R. (1978–1983): *Eiszeitalter. Die jüngste Erdgeschichte der Schweiz und ihrer Nachbargebiete*. Bd.1–3. Ott, Thun.
- HEIM, A. (1885): *Handbuch der Gletscherkunde*. Engelhorn, Stuttgart.
- (1919): *Geologie der Schweiz*, Bd.1. Leipzig.
- KLEBELSBERG, R.V. (1948): *Handbuch der Gletscherkunde und Glaziologie*. Wien.
- MARCINEK, J. (1985): *Gletscher der Erde*. Harri Deutsch, Thun und Frankfurt/Main. 214 S.
- MENZIES, J. (1996): *Glacial Environments. Vol. 2: Past Glacial Environments. Sediments, forms and techniques*. Butterworth & Heinemann.
- NUSSBAUM, F. (1920): Über das Vorkommen von Drumlin in den Moränengebieten des diluvialen Rhone- und Aaregletschers im Kanton Bern. *Eclogae geol. Helv.* Vol. XVI No.1: 106–107.
- (1921): Das Moränengebiet des diluvialen Aaregletschers zwischen Thun und Bern. *Mitt. Naturf. Ges. Bern* 1921, Heft V: 1–45.
- RUTSCH, R. (1928): *Geologie des Belpbergs*. *Mitt. Naturf. Ges. Bern* 1927, 1–196.
- (1947): Molasse und Quartär im Gebiet des Siegfriedblattes Rüeggisberg. *Beitr. zur Geol. Karte der Schweiz. Geol. Komm. SNG*. 89 S.

- SCHLÜCHTER, C. (1973): Die Münsingenschotter, ein letzteiszeitlicher Schotterkörper im Aaretal südlich Bern. Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. -Ing. 39: 69–78.
- (1995): Gletscher im ständigen Wandel. Jubiläums-Symposium der Schweiz. Gletscherkommission 1993. vdf Hochschulverlag ETH Zürich.
- SCHREINER, A. (1992): Einführung in die Quartärgeologie. Schweizerbart, Stuttgart. 257 S.
Schweizerische Geologische Dokumentationsstelle, Landeshydrologie und Geologie, BUWAL, Bern.
- 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): Die verkannte Mittelmoräne. «Der Bund» Nr. 30.

Geologische Karten

- BECK, P. & RUTSCH, R. (1949): Münsingen–Konolfingen–Gerzensee–Heimberg (SA 336–339), Blatt 21 des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000. Mit Erläuterungen. Schweiz. Geol. Komm.
- GERBER, E. (1927): Geologische Karte von Bern und Umgebung 1:25 000, aufgenommen 1915–1925.
- (1950): Fraubrunnen–Wynigen–Hindelbank–Burgdorf (LK 1147), Blatt 22 des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000. Mit Erläuterungen. Schweiz. Geol. Komm.
- HANTKE R. & MITARBEITER (1967): Geologische Karte des Kantons Zürich und seiner Nachbargebiete, 1:50 000 in 2 Blättern. Mit Erläuterungen. Vierteljahrsschrift der Naturf. Ges. in Zürich 112/2.
- JENNY, F., BALTZER, A. & KISSLING, E. (1896): Geologische Excursionskarte der Umgebungen von Bern 1:25 000. Schweiz. Geol. Komm, Spezialkarte Nr. 10.
- NUSSBAUM, F. (1922): Exkursionskarte der Umgebung von Bern, geologisch bearbeitet, 1:75 000; 2. Aufl. 1936.
- RUTSCH, R. (1927): Geologische Karte des Belpbergs und seiner Umgebung, 1:25 000.
- (1967): Neuenegg–Oberbalm–Schwarzenburg–Rüeggisberg (LK 1186), Blatt 26 des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000. Mit Erläuterungen. Schweiz. Geol. Komm.
- SCHÄR, U. ET AL. (1971): Bielersee (LK 1145), Blatt 60 des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000. Mit Erläuterungen. Schweiz. Geol. Komm.
- STAEGER, D. (1988): Baugrundkarte der Stadt Bern und Umgebung, 1:10 000. Mit Erläuterungen. Kümmerli & Frey, Bern.

