

Die Ablagerungen des Eiszeitalters : stratigraphisches Konzept und Nomenklatur am Beispiel der Nordschweiz

Autor(en): **Graf, Hans Rudolf / Burkhalter, Reto**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **Swiss bulletin für angewandte Geologie = Swiss bulletin pour la géologie appliquée = Swiss bulletin per la geologia applicata = Swiss bulletin for applied geology**

Band (Jahr): **23 (2018)**

Heft 2

PDF erstellt am: **22.07.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-832403>

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.

Die Ablagerungen des Eiszeitalters: stratigraphisches Konzept und Nomenklatur am Beispiel der Nordschweiz

Hans Rudolf Graf¹, Reto Burkhalter²

Summary

This article presents the German version of the paper Graf & Burkhalter (2016), shortened by a few introductory chapters. This is based on a research project of the Swiss Geological Survey (Landesgeologie, swisstopo). Its goal was to develop a stratigraphic concept for the classification and nomenclature of the deposits of the Ice Age for the Geological Atlas of Switzerland 1: 25'000, which meets the valid guidelines for stratigraphic nomenclature (Remane et al. 2005).

So far, the classification and nomenclature of the glacial deposits of Switzerland have been referenced to the conditions in the southern German Alpine foreland, but this can no longer be maintained in both areas due to fundamental considerations regarding the tectonic control of the morphogenesis of the river systems.

Against this background, the new classification and nomenclature concept is presented, which has already been used on several sheets of the Geological Atlas of Switzerland 1: 25'000 and which will be used more frequently in the future. It is based on the generally accepted guidelines for the distinction and nomenclature of lithostratigraphic units developed by the Swiss Committee for Stratigraphy. Finally, the corresponding legend and abbreviation system for geological map sheets is presented.

Zusammenfassung

Der vorliegende Artikel stellt die um einige einleitende Kapitel gekürzte deutsche Fassung des Papers Graf & Burkhalter (2016) dar. Diesem liegt ein Forschungsprojekt der Geologischen Landesaufnahme (Landesgeologie, swisstopo) zugrunde. Dessen Ziel war es, ein stratigraphisches Konzept für Gliederung und Nomenklatur der Ablagerungen des Eiszeitalters für den Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 zu erarbeiten, welches den gültigen Richtlinien zur stratigraphischen Nomenklatur (Remane et al. 2005) genügt.

Bisher wurde für die Gliederung und Nomenklatur der eiszeitlichen Ablagerungen der Schweiz auf die Verhältnisse im süddeutschen Alpenvorland referenziert, was sich aber aufgrund von prinzipiellen Überlegungen zur tektonischen Steuerung der Morphogenese der Flusssysteme in beiden Gebieten nicht länger aufrechterhalten lässt.

Vor diesem Hintergrund wird das neue Gliederungs- und Nomenklaturkonzept vorgestellt, welches bereits auf mehreren Blättern des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 verwendet wurde und das in Zukunft vermehrt zur Anwendung kommen soll. Es fusst auf den allgemein gültigen Richtlinien für die Ausscheidung und Nomenklatur von lithostratigraphischen Einheiten, die vom Schweizerischen Komitee für Stratigraphie erarbeitet wurden. Schliesslich wird das entsprechende Legenden- und Kürzelsystem für geologische Kartenblätter vorgestellt.

1 Einleitung

Der vorliegenden Arbeit liegt ein Forschungsprojekt der Geologischen Landesaufnahme (Landesgeologie, swisstopo) zugrunde. Dessen Ziel war es, ein stratigraphisches Konzept für Gliederung und Nomenklatur der Ablagerungen des Eiszeitalters für den Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 zu erarbeiten, welches den gültigen Richtlinien zur stratigraphischen Nomenklatur

¹ Dr. von Moos AG, Dorfstrasse 40, 8214 Gächlingen

² Bundesamt für Landestopografie swisstopo, Seftigenstrasse 264, 3084 Wabern

(Remane et al. 2005) genügt. Die vollständigen Ergebnisse des Forschungsauftrags wurden in Graf & Burkhalter (2016) publiziert. Die vorliegende deutsche Fassung ist um die einleitenden Kapitel über die historischen Hintergründe und die Vergleiche mit dem süddeutschen Alpenvorland gekürzt und beschränkt sich auf die Erläuterung des empfohlenen Vorgehens für die Ausscheidung und Benennung von quartärstratigraphischen Einheiten.

Im erwähnten Forschungsprojekt wurde zunächst abgeklärt, ob die bisher als Basis für die Darstellung und Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen auf den Atlasblättern verwendete «klassische» Gliederung, welche im süddeutschen Alpenvorland erarbeitet wurde (z.B. Günz-, Mindel-, Riss- und Würm-Eiszeit), im nördlichen schweizerischen Alpenvorland weiter verwendet werden kann. Aufgrund von Überlegungen zu den prinzipiellen Unterschieden bei der morphogenetischen Steuerung (regionale Tektonik) der Entwicklung des Entwässerungsnetzes zwischen den beiden Gebieten – insbesondere betreffend die Höhenlage von unterschiedlichen lithostratigraphischen Einheiten – wurde geschlossen, dass dies nicht länger möglich, sondern für die Schweiz ein eigenständiges Gliederungssystem zu erarbeiten ist.

Auf den Kartenblättern des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 werden grundsätzlich lithostratigraphische Einheiten dargestellt, also lithologisch eindeutig identifizierbare Gesteinseinheiten. In diesem Kontext hatten die eiszeitlichen Einheiten stets eine spezielle Position, denn für ihre Darstellung und Gliederung reichen lithologische Kriterien allein nicht aus. Weitere Gesichtspunkte – z.B. die geomorphologische Position – sind zu berücksichtigen. Anhand von konzeptionellen Überlegungen wurden Empfehlungen für die stratigraphische Prozedur, Gliederung und Nomenklatur der quartären Ablagerungen der Schweiz erarbeitet.

2 Chronostratigraphische Gliederung des Quartärs in der (Nord-)Schweiz

Mit der Ratifikation durch das Committee of the International Union of Geological Sciences (IUGS) im Juni 2009 wurde der Beginn des Quartärs (und somit des Pleistozäns) im GSSP (Global Stratotype Section and Point) am Monte San Nicola auf Sizilien mit dem Beginn des Gelasians bei 2,58 Ma BP festgelegt (Gibbard et al. 2010). Vorher lag diese Grenze bei 1,81 Ma BP, definiert anhand der Typuslokalität des Calabriens bei Vrica in Süditalien (Aguirre & Pasini 1985). Mit dieser Entscheidung wurde eine lange Zeit dauernde Diskussion um die Festlegung der Neogen/Quartär-Grenze bzw. der Beibehaltung des Quartärs als System beendet und der Tatsache Rechnung getragen, dass Eiszeiten bzw. Phasen mit stark erhöhtem globalem Eisvolumen schon seit ca. 2,58 Ma BP nachgewiesen sind. Die neu festgelegte chronostratigraphische Neogen/Quartär-Grenze entspricht ausserdem der Grenze zwischen den paläomagnetischen Epochen Gauss und Matuyama, was es grundsätzlich ermöglicht, diese Grenze auch in geeigneten Ablagerungen auf dem Festland annähernd zu erfassen (z.B. Morrison & Kukla 1998).

Die neue Grenzziehung ist für die chronostratigraphische Einreihung der eiszeitlichen Ablagerungen der Schweiz insofern von Bedeutung, als frühere biostratigraphische Untersuchungen zeigten, dass die ältesten kaltzeitlichen Ablagerungen der Nordschweiz nach bisherigem Verständnis dem Späten Pliozän angehörten (Bollinger et al. 1996), ebenso wie bestimmte Ablagerungen in Süddeutschland (Ellwanger et al. 1994). Dementsprechend wurden die ältesten eiszeitlichen Ablagerungen auf einzelnen Blättern des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 dem «Plio-Pleistozän» zugeordnet (z.B. Blatt 1070 Baden, Graf et al. 2006). Mit der neuen Grenzziehung kann nun davon ausgegangen werden, dass alle eiszeitlichen

Ablagerungen der Schweiz dem Quartär bzw. dem Pleistozän angehören.

Die Grenze zwischen Frühem und Mittlerem Pleistozän wurde anhand der Grenze zwischen den magnetostratigraphischen Epochen Matuyama und Brunhes festgelegt (Richmond 1996), welche bei 0,78 Ma BP liegt (vgl. Gibbard et al. 2004, Gibbard & Cohen 2008). Die Ablagerungen des Frühen Pleistozäns (inkl. ehemals dem «Plio-Pleistozän» zugeordnete eiszeitliche Sedimente) entstammen demnach der dominant invers magnetisierten Matuyama-Epoche, diejenigen des Mittleren und Späten Pleistozäns der normal magnetisierten Brunhes-Epoche.

Hinsichtlich der Festlegung des Beginns des Mittleren Pleistozäns im nördlichen schweizerischen Alpenvorland sind zwei paläomagnetisch untersuchte Lokalitäten massgebend. So ergab die Untersuchung einer Bohrung in der Kiesgrube Thalgut im Aaretal südöstlich von Bern (Forster 1991), dass das gesamte Lockergesteinsprofil, welches mehrere klimatische Zyklen umfasst, eine normale Magnetisierung aufweist. Andererseits zeigten Untersuchungen an Tieferen Deckenschottern in der ehemaligen Kiesgrube in Allschwil bei Basel auf, dass eine paläomagnetisch untersuchte feinkörnige Linse im obersten Abschnitt der Schotter eine inverse Magnetisierung aufweist (Mitt. C. Schlüchter u. T. Forster). Die Lokalität Allschwil lieferte somit die bisher jüngsten Hinweise auf eine inverse Magnetisierung von eiszeitlichen Ablagerungen in der Nordschweiz. Obwohl es natürlich eine starke Vereinfachung ist, aus diesen wenigen Messungen in einem einzigen Aufschluss auf eine inverse Magnetisierung der Gesamtheit der nordschweizerischen Tieferen Deckenschotter zu schliessen, soll – mangels besser abgesicherter Daten – vorläufig davon ausgegangen werden, dass sie während der Matuyama-Epoche entstanden. Auf diesen beiden Befunden basierend wird ferner angenommen, dass die Grenze zwischen Frü-

hem und Mittlerem Pleistozän im nördlichen schweizerischen Alpenvorland mit dem Übergang zwischen den morphostratigraphischen Einheiten Tieferer Deckenschotter und Hochterrasse zusammenfällt, dass also die Grenze zwischen Matuyama- und Brunhes-Epoche näherungsweise in diesem Zeitabschnitt der regionalen Tieferlegung des zum Oberrhein gerichteten nordschweizerischen Entwässerungsnetzes liegt.

Die Grenze zwischen Mittlerem und Spätem Pleistozän wird allgemein mit der Basis des Eem-Interglazials definiert (Gibbard 2003, Gibbard & Cohen 2008), welche mit der Basis von MIS 5e (MIS = Marine Isotope Stage) der Sauerstoffisotopenkurve der marinen Mikrofossilien ungefähr übereinstimmt. Für die Schweiz kann dies mit dem Beginn des Gondiswil-Interglazials gleichgesetzt werden, welches gemäss Wegmüller (1992) dem Eem des skandinavischen Vergletschungsgebietes entspricht.

Die Grenze zwischen Pleistozän und Holozän wird heute mit dem Ende der Jüngeren Dryas festgelegt, was ein Alter von 10'000 a ¹⁴C (unkalibriert) bzw. 11'500 a BP (Kalenderjahre) bedeutet. Die Ausscheidung eines Stratotyps ist zurzeit in Diskussion. In Frage kommen dafür in erster Linie Eisbohrkerne (Walker et al. 2009). Für die Schweiz sind noch keine Parastratotypen festgelegt.

3 Lithostratigraphische Gliederung des Quartärs in der Schweiz

3.1 Grundsätze der Lithostratigraphie

Die Nomenklatur von lithostratigraphischen Einheiten wird durch den International Stratigraphic Guide (Salvador 1994) geregelt. Richtlinien für dessen Umsetzung in der Schweiz wurden von einer Arbeitsgruppe des Schweizerischen Komitees für Stratigraphie ausgearbeitet (Remane et al. 2005). Die für die lithostratigraphische Gliederung des

Quartärs der Schweiz wesentlichen Grundsätze sind folgende:

Für eine geologische Kartierung («Bestandesaufnahme») eines bestimmten Gebietes spielt in erster Linie die Gliederung in Gesteinskörper, also die lithostratigraphische Einteilung, eine Rolle. Die Definition, Bezeichnung und Darstellung von geologischen Einheiten auf Karten hat deshalb nach den Grundsätzen der Lithostratigraphie zu erfolgen. Lithostratigraphische Einheiten sind (Locker-)Gesteinskörper, die aufgrund ihrer lithologischen Merkmale, durch welche sie sich von angrenzenden Einheiten unterscheiden, definiert werden. Wo Gesteinskörper allseitig durch Diskontinuitäten – einschliesslich der Erdoberfläche – begrenzt sind, können anstelle des Gesteinsinhalts auch die lithologischen und strukturellen Charakteristiken ihrer Grenzen zur Definition herangezogen werden (Remane et al. 2005). Durch Diskontinuitäten definierte Gesteinskörper werden von Salvador (1994) als eigenständige stratigraphische Kategorie (unconformity-bounded units) aufgeführt. Da sich die Definitionskriterien für beide Kategorien nicht wesentlich unterscheiden, werden im vorliegenden Text beide als lithostratigraphische Einheiten bezeichnet.

Die lithostratigraphische Grundeinheit ist die Formation. Formationen müssen im Massstab 1:25'000 kartierbar sein. Sie werden anhand einer Typuslokalität definiert, welche in substantivischer Weise als erster Teil in die Benennung der Einheit einfliesst. Der zweite Benennungsteil ist der hierarchischen Begriff (z.B. Schmerlet-Formation). Alternativ kann, bei eindeutiger Ansprache, auch eine den Gesteinskörper charakterisierende lithologische Bezeichnung gewählt werden (z.B. Rafzerfeld-Schotter). Mehrere benachbarte Formationen, welche gewisse wesentliche Gesteinsmerkmale gemeinsam haben, können zu einer Gruppe zusammengefasst werden. Mehrere Gruppen können eine Supergruppe bilden. Formationen kön-

nen in Members unterteilt werden. Für ihre Definition gelten die gleichen Grundsätze wie für Formationen. Einzelne charakteristische Schichten können als Bank gesondert benannt werden.

3.2 Besonderheiten der Quartär-Ablagerungen

Die Quartär-Ablagerungen wurden seit der Erkenntnis ihrer eiszeitlichen Entstehung stets in einem klimatischen Kontext behandelt und verstanden. Eine der modernen Lithostratigraphie entsprechende Benennung, welche aus Lokalitätsbezeichnung und hierarchischem Begriff besteht und frei von paläoklimatischen Implikationen ist, widerspricht diesem Verständnis. Bei einzelnen Gesteinskörpern mag dies nicht wirklich problematisch sein (z.B. Rafzerfeld-Formation), hingegen sehr wohl bei den übergeordneten Einheiten, wenn zum Beispiel die (hypothetische) Siblingen-Gruppe Ablagerungen einer bestimmten Eiszeit beinhaltet. Es gilt daher Richtlinien für die stratigraphische Prozedur und Nomenklatur auszuarbeiten, welche diesem Aspekt Rechnung tragen. Weiter sind folgende Gesichtspunkte zu berücksichtigen:

- Die Ablagerungen des Eiszeitalters weisen eine ausgeprägte Heterogenität und Kleinräumigkeit auf. Die unterscheidbaren Einheiten sind oft nur in der näheren Umgebung ihrer Typuslokalität überhaupt vorhanden. Sie haben stets einen ausgeprägten Bezug zum Relief ihres Untergrundes (Fels- oder Lockergestein), weshalb ihre geographische Lage und geomorphologische Position (z.B. Höhenlage) wesentliche individuelle Merkmale sind (Remane et al. 2005).
- Die für das Eiszeitalter typischen geologischen Prozesse können in einem bestimmten Gebiet wiederholt stattgefunden haben. Dieses kann sich also im Verlauf der Zeit mehrfach im Ablagerungsbe-

reich des gleichen Sedimenttyps befunden haben. Dadurch können verschieden alte Ablagerungen des gleichen Sedimenttyps übereinander lagern (z.B. glazifluviale Schotter, Seeablagerungen). Eine Gliederung ist dann oft nur anhand von Diskontinuitäten möglich (unconformity-bounded units, Salvador 1994). Häufig sind solche Diskontinuitäten nur auf eng begrenztem Raum erkennbar, manchmal nur in einer Bohrung.

- Die Dynamik der eiszeitlichen Prozesse führt zu Diskontinuitäten verschiedener Grössenordnungen (konkordant und diskordant). Diese dokumentieren oft bedeutende Zäsuren in der Klimageschichte oder Landschaftsentwicklung und sind somit als Korrelationsmittel von entscheidender Bedeutung.
- Die Gegenwart ist Teil des Quartärs. Quartäre Ablagerungen entstehen auch heute. Deshalb stellt sich die Frage, welche Gesteinskörper überhaupt eine lithostratigraphische Ausscheidung erfahren sollen. Gemäss Remane et al. (2005) soll dies nur für Ablagerungen zur Anwendung kommen, deren Entstehung und Formung im Rahmen ihrer ursächlichen Prozesse abgeschlossen ist. Aktive Bachschuttkegel, Flussablagerungen und Rutschmassen werden beispielsweise nicht als Einheiten ausgeschieden und benannt.
- Charakteristischerweise sind eiszeitliche Gesteinskörper kaum jemals in ihrer gesamten Ausdehnung genau erfassbar und lassen sich anhand von vorhandenen Aufschlüssen nicht angemessen zutreffend extrapolieren. Besonders ihre Unterkanten sowie ihre seitlichen Begrenzungen sind häufig nicht aufgeschlossen. Nach den Grundsätzen der stratigraphischen Nomenklatur genügt dies jedoch nicht für die Definition einer formellen lithostratigraphischen Einheit (Remane et al. 2005). Grundsätzlich muss davon

ausgegangen werden, dass Definitionen von lithostratigraphischen Einheiten für das Eiszeitalter, die den Grundsätzen der Richtlinien vollständig genügen, wahrscheinlich nur in seltenen Fällen realisierbar sind.

3.3 Verhältnis zwischen Litho- und Morphostratigraphie

Die Darstellung der Quartär-Ablagerungen auf den älteren Karten des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 basiert zu einem wesentlichen Teil auf morphostratigraphischen Einheiten (u.a. Schotterterrassen). Dabei handelt es sich um Oberflächenformen mit Gesteinsinhalt, die das Ergebnis bestimmter Phasen der Landschaftsentwicklung widerspiegeln (vgl. Catt 1992), wobei ihre Höhenlage ein wichtiges Kriterium darstellt («Terrassenstratigraphie»). Eine Akkumulationsform, die als morphostratigraphische Einheit (Oberfläche) herangezogen wird, besteht aus mindestens einer lithostratigraphischen Einheit (Gesteinskörper). Bei morphostratigraphischen Einheiten, denen Erosionsformen zugrunde liegen, entfällt hingegen ein direkter Zusammenhang mit lithostratigraphischen Einheiten. Insbesondere bei Schotterterrassen verlaufen die kartographisch dargestellten Grenzen von litho- und morphostratigraphischen Einheiten nicht identisch (Fig. 1).

Aus der räumlichen Beziehung zwischen verschiedenen lithostratigraphischen Einheiten – Überlagerung, Intersektion – ergibt sich eine relative Altersabfolge (im Normalfall «unten alt – oben jung»). Bedingung für die Bestimmbarkeit der Lagerungsverhältnisse ist, dass die Einheiten an mindestens einer Stelle in direktem Kontakt zueinander stehen. Auch bei den morphostratigraphischen Einheiten lässt die räumliche Beziehung auf eine relative Altersabfolge schliessen. Ein direkter Kontakt zwischen den Einheiten ist hierfür nicht zwingend. Im Fall der durch eine schrittweise Absenkung der Ero-

sionsbasis gebildeten Terrassenstufen gilt «oben alt – unten jung» (vgl. Fig. 1).

Die morphostratigraphische Gliederung eines Gebietes kann demzufolge als Abfolge von Diskontinuitäten aufgefasst werden. Im Fall einer höhenmässig abgestuften Folge von Schotterterrassen beginnt die einen bestimmten Schotterkörper gegen unten begrenzende Diskontinuität an der Terrassenkante der topographisch nächsthöher liegenden Einheit und setzt sich entlang der Felsoberfläche unter die betrachtete (topographisch tiefer liegende) Einheit fort (Fig. 1). Die obere den betrachteten Gesteinskörper begrenzende Diskontinuität wird entweder durch die Geländeoberfläche oder – falls vorhanden – durch die Untergrenze von überlagernden jüngeren Sedimenten (Deckschichten, Hangschutt, jüngerer Schotter, Till bzw. Moränenmaterial usw.) definiert.

4 Richtlinien für die Definition und Bezeichnung von Gesteinseinheiten des Quartärs

4.1 Grundsätze

Grundlage für die Kartierung und Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen bilden – wie

erwähnt – die Formationen. Diese werden ausschliesslich anhand von beobachtbaren, objektiven (lithologischen und geomorphologischen) Kriterien ausgeschieden. Das Zusammenfassen von mehreren Formationen zu Gruppen und von mehreren Gruppen zu Supergruppen kann für die Ablagerungen des Eiszeitalters hingegen nur auf einer genetischen Analyse der Ablagerungen basieren. Dies ermöglicht erst das Erkennen von charakteristischen, mehreren Formationen gemeinsamen Diskontinuitäten. Dies ist allerdings ein interpretativer Vorgang, welcher den allgemeinen Grundsätzen der Lithostratigraphie nicht entspricht. Die Resultate dieses Vorganges sind stark abhängig vom aktuellen Kenntnisstand. Solcherart gebildete Einheiten (= genetische Einheiten) können als übergeordnete lithostratigraphische Einheiten gelten (Gruppe, Supergruppe), falls ihnen zwei sie gegen oben und unten begrenzende charakteristische Diskontinuitäten gemeinsam sind (vgl. Ellwanger et al. 2011).

4.2 Definition und Nomenklatur von Formationen

Eine lithostratigraphische Einheit (Gesteinskörper) ist anhand ihrer Eigenschaften so zu definieren, dass sie von anderen Gesteins-

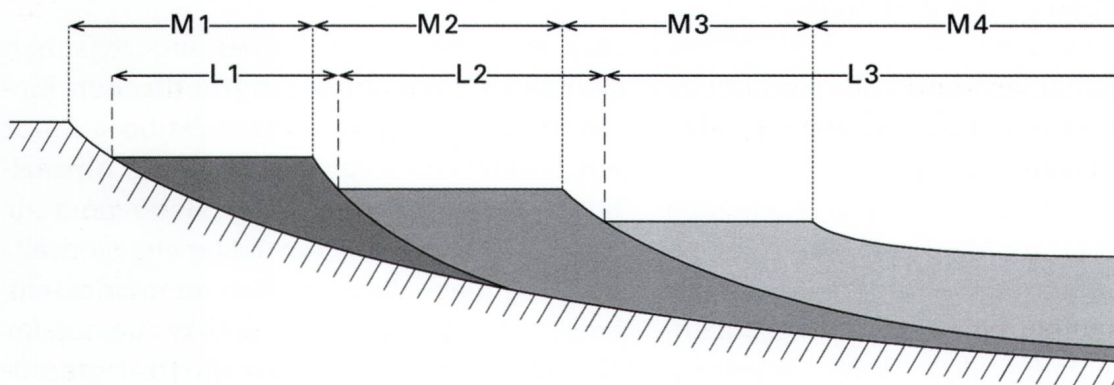


Fig. 1: Beziehung zwischen lithostratigraphischen (L1–L3, graue Flächen) und morphostratigraphischen Einheiten (M1–M4) am Beispiel eines hypothetischen Profilschnitts durch eine Abfolge von Schotterterrassen. Bei den lithostratigraphischen Einheiten bezeichnen die grauen Flächen die verschiedenen Gesteinskörper, L1–L3 deren Ausbiss an der Erdoberfläche. Morphostratigraphische Einheiten sind durch ihre Oberfläche bzw. deren topographische Position charakterisiert. Die rein erosiv gebildete morphostratigraphische Einheit M4 hat kein direktes lithostratigraphisches Äquivalent.

körpern klar zu unterscheiden bzw. abzugrenzen ist. Dazu sind lithologische und geomorphologische Kriterien zu verwenden. Die Benennung soll nach einer Typuslokalität erfolgen. Um den Bezug zu ihrem klimatisch-genetischen Hintergrund zu demonstrieren, sollte die hierarchische Bezeichnung (als zweiter Teil des Namens) in den Hintergrund treten und stattdessen die Bezeichnung der Lithologie einer Einheit bevorzugt werden (z.B. Rafzerfeld-Schotter statt Rafzerfeld-Formation). Für Einheiten, die aus verschiedenen, eng verzahnten Lithologien bestehen (z.B. randglaziale Ablagerungen) ist hingegen der Begriff Formation vorzuziehen.

4.3 Definition und Nomenklatur von genetischen Einheiten

Die Ausscheidung von übergeordneten, genetischen Einheiten ist in der Regel nur für gletscherinduzierte Ablagerungen sinnvoll, weil diese eine gewisse minimale Dimension erreichen und im Massstab 1:25'000 kartierbar sind. Die zu verwendenden Bezeichnungen sollen dem allgemeinen Sprachgebrauch bei der Benennung von eiszeitlichen Sedimenten entsprechend einen klimatisch-genetischen Inhalt aufweisen. Die folgenden Begriffe werden vorgeschlagen:

Vorstoss

Ein Vorstoss ist eine im Ausbreitungsgebiet eines bestimmten Gletscherlappens mittels Sedimenten dokumentierte Gletscherpräsenz. Er wird definiert durch die Gesamtheit der genetisch damit in Zusammenhang stehenden Gesteinskörper.

Vergletscherung

Eine Vergletscherung ist eine bedeutende regionale Eisaufbauphase, die den Rahmen von mehreren, in einzelnen Gletscherlappen feststellbaren Vorstössen darstellt, welche als «gleichzeitig» interpretiert werden. Sie wird an derjenigen Lokalität definiert, wo die lithostratigraphischen Verhältnisse am klarsten sind.

Eiszeit

Eine Eiszeit wird durch zwei Warmzeiten (Interglaziale) begrenzt. Sie kann mehrere Vergletscherungen umfassen. Eine durch zwei Warmzeiten begrenzte Kaltzeit, während der kein nennenswerter Eisaufbau stattgefunden hat, ist nomenklatorisch ebenfalls eine Eiszeit. Definiert wird eine Eiszeit in jenem Gebiet, wo lithostratigraphischen Verhältnisse am klarsten fassbar sind.

Die klassischen morphostratigraphischen Einheiten (z.B. Hochterrasse) können ebenfalls als Supergruppen aufgefasst werden, weil sie u.U. gleichartige Ablagerungen verschiedener Eiszeiten umfassen. Sie sollen aber nur dann ausgeschieden werden, wenn keine genetische Zuordnung der betroffenen Gesteinskörper zu einem bestimmten Vorstoss möglich ist.

Wie eine dementsprechende Gliederung für eine gewisse Eiszeit aussehen könnte, ist auf Figur 2 am Beispiel der letzten Eiszeit dargestellt.

4.4 Spezielles

Warmzeitliche Ablagerungen

Sedimente aus temperierten Zeitabschnitten (Torf, Seeablagerungen, Hochflutsedimente, Flussablagerungen usw.) sind im schweizerischen Quartär relativ selten und meist in nur geringer Ausdehnung erhalten. Für kartierbare Gesteinskörper gelten die gleichen Grundsätze wie für die kaltzeitlichen Sedimente. Warmzeitliche Seeablagerungen entwickeln sich nicht selten allmählich aus eiszeitlichen Beckensedimenten, ohne dass eine klare Schichtgrenze festzustellen ist. In solchen Fällen sind Kriterien für die Abgrenzung anhand eines Typusprofils festzulegen, die sich auf lithologische Wechsel beziehen (z.B. «die unterste torfige Schicht im Profil x repräsentiert den Beginn der Formation y»), wie dies sinngemäss z.B. auch für die Ablagerungen des Mesozoikums gebräuchlich ist.

Till- bzw. Moränendecken

Auf geologischen Karten wird für die letzte Eiszeit und ihre spät-hochglazialen Phasen oft eine zusammenhängende Decke von Gletscherablagerungen ausgeschieden, worin allenfalls die Moränenwälle einzelner erkennbarer Stände mittels Signaturen angegeben werden. Es ist anzustreben, dass auch bei solchen Ablagerungen eine plausible Unterteilung erarbeitet wird. Gegebenenfalls ist dabei zu entscheiden, welche Formen und Ablagerungen in welcher Phase entstanden. Dass solche Gliederungen durchaus realisierbar sind, wurde am Beispiel des Rheingletschers demonstriert (Keller & Krays 2005).

Eisrandablagerungen

Den Ablagerungen des Eisrandmilieus ist in der Regel eine grosse Heterogenität zu

eigen, wobei einzelne Sedimentkörper manchmal aber durchaus kartierbare Dimensionen haben können. In diesen Fällen soll die Gesamtheit der eisrandlichen Bildungen eines bestimmten Vorstosses als Formation bezeichnet und einzelne darin enthaltene grössere Sedimentkörper als Member ausgeschieden werden.

Periglaziale Bildungen

Ausserhalb der direkt durch Gletscheraktivität betroffenen Gebiete (Periglazialbereich) entstehen z.B. Hangsedimente, Löss und Bach- oder Flussablagerungen. Es sind in der Schweiz nur wenige grössere Lössvorkommen bekannt, welche zwar einen relativ grossen Zeitraum repräsentieren aber kartographisch nicht aufgegliedert werden können. Für ihre Alterseinstufung kann in der Regel lediglich das Alter des unterlagernden

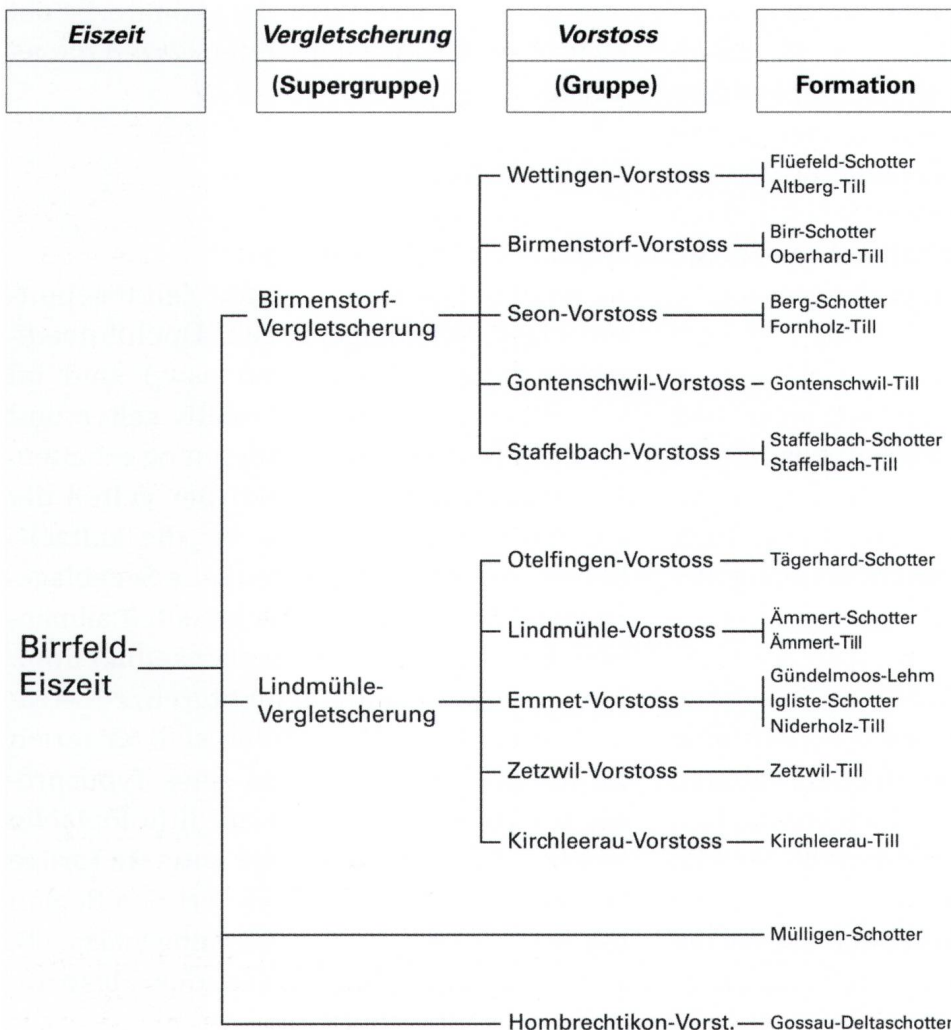


Fig. 2: Gliederung der Ablagerungen der letzten Eiszeit in der Nordschweiz (Birrfeld-Eiszeit), nach Graf (2009), zum Teil hypothetisch.

Sedimentes als Höchstwert angegeben werden. Auch fluviatile periglaziale Ablagerungen sind nur wenige bekannt (z.B. Graf et al. 2006). Von grösserer Bedeutung hingegen sind teils sehr mächtige und komplexe Abfolgen von Hangsedimenten. Diese beinhalten möglicherweise Ablagerungen aus mehreren Phasen mit fehlender stabilisierender Vegetationsdecke (Solifluktionsschutt, Rutschmassen usw.). Meist sind auch rezente Instabilitäten vorhanden, so dass eine Gliederung bzw. Abgrenzung kaum möglich ist. Weil diese Gesteinskörper noch in Umformung begriffen sind, sollen sie nicht als lithostratigraphische Einheiten ausgeschieden werden (vgl. Kapitel 3.2). Wo Periglazialbildungen hingegen in einer stratifizierten Abfolge vorkommen (z.B. überfahrene Rutschmassen), sollen sie als lithostratigraphische Einheiten ausgeschieden werden.

Überprägungen von Gesteinseinheiten

Ein Gletschervorstoss kann spezifische Überprägungen von älteren Gesteinen bewirken (Glazialtektonik, Gletscherschliff). Durch Glazialtektonik können durchaus kartierbare Gesteinskörper entstehen, denen diese Eigenschaft zu eigen ist. Sie sollen im Allgemeinen aber nicht als lithostratigraphische Einheiten ausgeschieden werden, sondern wie Gletscherschliffe als Charakteristikum einer bestimmten Diskontinuität aufgefasst werden. Nur bei Beteiligung von mehreren lithostratigraphischen Einheiten kann eine eigenständige Einheit ausgeschieden werden.

Obergrenzen von Sedimentkörpern, die zugleich die heutige Geländeoberfläche bilden, sind zu einem bestimmten Zeitpunkt entstanden und können somit unterschiedlichen Alters sein. Dies kann sich z.B. in einer verschieden intensiven pedogenetischen Überprägung äussern. Für die Definition von stratigraphischen Einheiten können die Charakteristiken der jeweiligen Verwitterungsschicht (Pedogenese: Bodentyp, Bo-

denmächtigkeit usw.) ebenfalls Berücksichtigung finden.

5 Kartierung von eiszeitlichen Einheiten

Die Komplexität der Ablagerungen des Eiszeitalters macht es sehr schwierig, eine erdgeschichtlich korrekt interpretierbare Repräsentation aller Hierarchiestufen der Gliederung im Kartenbild allein darzustellen, umso mehr, wenn damit ausserdem der Bezug zum betreffenden Kartenblatt gewährleistet und gleichzeitig die überregionalen Zusammenhänge berücksichtigt werden sollen. Erst eine Kombination aus Kartenbild, Legendenaufbau und Kürzelsystem ermöglicht eine umfassende Darstellung der geographischen und stratigraphischen Verhältnisse.

Dem allgemeinen Grundsatz der Erstellung von geologischen Karten folgend, sollen auf der eigentlichen Karte die Formationen dargestellt werden, also die beobachteten Gesteinskörper. Die interpretierten genetischen Einheiten (Vorstösse, Vergletscherungen, Eiszeiten) werden mittels geeigneter Gliederung und entsprechenden Überschriften in der Kartenlegende wiedergegeben. Die auf geologischen Karten verwendeten Grundfarben stellen Gesteine eines bestimmten Zeitraumes dar. Diesem Grundsatz folgend, werden alle Einheiten, die einer bestimmten Eiszeit angehören, mit einer gemeinsamen Grundfarbe angegeben. Die herkömmliche morphostratigraphische Gliederung kann als zusätzliche, erläuternde Angabe am Rand der Legenden ergänzt werden, ähnlich wie die auch sonst übliche chronostratigraphische Gliederung. Ein Beispiel für eine entsprechende Legende ist in Figur 3 dargestellt.

Die auf geologischen Karten üblichen stratigraphischen Kürzel (so genannte Indices) haben den Zweck der Verdeutlichung des

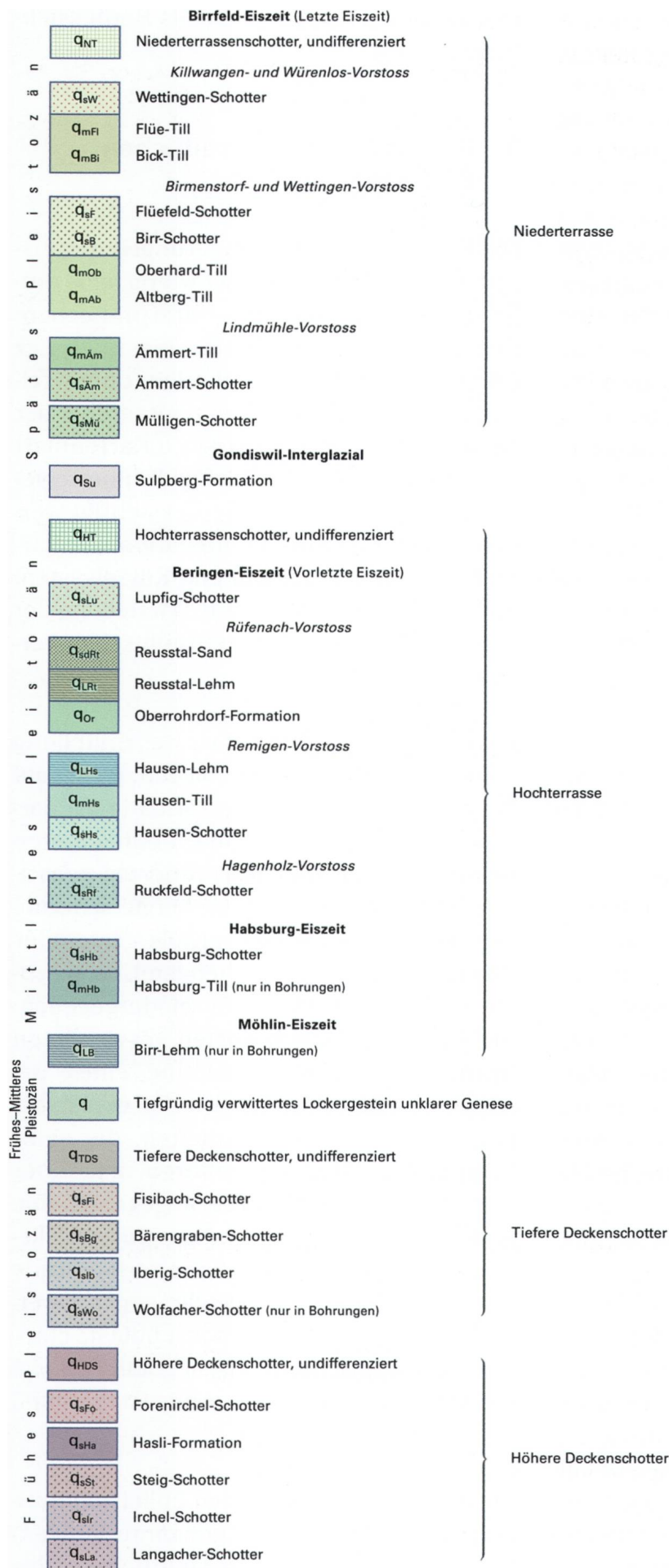


Fig. 3: Vorschlag für den Legendenaufbau der Ablagerungen des Eiszeitalters für die Blätter des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25'000 (exemplarisch).

Kartenbildes, also der Gewährleistung der eindeutigen Erkennbarkeit von dargestellten lithostratigraphischen Einheiten. Die Ablagerungen des Quartärs werden generell mit dem ersten Buchstaben **q** gekennzeichnet. Im Weiteren sollen im Kürzel Lithologie und Typuslokalität zum Ausdruck kommen. Die Angabe der (dominierenden) Lithologie erfolgt dabei mittels Kleinbuchstaben (siehe unten), der Anfangsbuchstabe der Typuslokalität wird mittels Grossbuchstaben angegeben (z.B. Wettingen-Schotter = **q_{sw}**). Falls mehrere Einheiten eine Typuslokalität mit gleichem Anfangsbuchstaben aufweisen, wird zur Klärung ein Kleinbuchstabe angehängt (z.B. Wehntal-Schotter = **q_{swt}**). Folgende lithologische Kürzel können verwendet werden:

- s** = Schotter
- sd** = Sand
- si** = Silt
- m** = Till / Moränenmaterial
- r** = randglaziale Sedimente
- L, SL** = Beckensedimente
(Seeablagerungen usw.)
- e** = fossile gravitative Sedimente
(von dépôts d'éboulement, éboulis)

Bei Sedimentkörpern, für welche die Bezeichnung einer Typuslokalität nicht sinnvoll ist, die aber aus genetischen Überlegungen einer höheren Einheit zugeordnet werden können, wird die dominierende Lithologie als Kleinbuchstabe und ein Grossbuchstabe als Abkürzung für die entsprechende genetische Einheit angegeben (z.B. glazigene Ablagerungen der Beringen-Eiszeit = **q_{mb}**). Für Gesteinskörper, die keiner übergeordneten genetischen, wohl aber einer morphostratigraphischen Einheit zugeordnet werden können, sollen entsprechende Kürzel verwendet werden (Schotter der Hochterrasse = **q_{HT}**). Ablagerungen, für die auch dies nicht möglich ist, werden lediglich mit lithologischen Kürzeln bezeichnet (z.B. **q_m**).

Literaturverzeichnis

- Aguirre, E. & Pasini, G. 1985: The Pliocene–Pleistocene boundary. – *Episodes* 8, 116–120.
- Bollinger, T., Fejfar, O., Graf, H.R. & Kälin, D. 1996: Vorläufige Mitteilung über Funde von pliozänen Kleinsäugetern aus den höheren Deckenschottern des Irchels (Kt. Zürich). – *Eclogae geol. Helv.* 89/3, 1043–1048.
- Catt, J. A. 1992: *Angewandte Quartärgeologie*. – Enke, Stuttgart.
- Ellwanger, D., Fejfar, O. & Koenigswald, W. von 1994: Die biostratigraphische Aussage der Arvicolidenfauna vom Uhlenberg bei Dinkelscherben und ihre morpho- und lithostratigraphischen Konsequenzen. – *Münchner geowiss. Abh. (A)* 26, 173–191.
- Ellwanger, D., Wieland-Schuster, U., Franz, M. & Simon, T. 2011: The Quaternary of the south-west German Alpine Foreland (Bodensee, Oberschwaben, Baden-Württemberg, Southwest Germany). – *Quatern. Sci. J.* 60/2, 306–328.
- Forster, T. 1991: Paläomagnetische Feinstratigraphie vom Thalgut-Profil (Aaretal, Kt. Bern), mit einer quartärgeologischen Kartierung. – *Diplomarb. eidg. tech. Hochsch. (ETH) Zürich*.
- Gibbard, P.L. 2003: Definition of the Middle / Upper Pleistocene boundary. – *Global and planetary change* 3, 201–208.
- Gibbard, P.L., Boreham, S., Cohen, K.M. & Moscardiello, A. 2004: Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2004a. – *Int. Union Quatern. Res. (INQUA) homepage*.
- Gibbard, P.L. & Cohen, K.M. 2008: Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, v. 2008. – *Int. Union Quatern. Res. (INQUA), int. Union geol. Sci. (IUGS)*.
- Gibbard, P.L., Head, M.J. & Walker, J.C. 2010: Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma – *J. Quatern. Sci.* 25/2, 96–102.
- Graf, H.R. 2009: Mittel- und Spätpleistozän in der Nordschweiz. – *Beitr. geol. Karte Schweiz. [N.F.]* 168.
- Graf, H.R., Bitterli-Dreher, P., Burger, H., Bitterli, T., Diebold, P. & Naef, H. 2006: Blatt 1070, Baden. – *Geol. Atlas Schweiz 1:25'000, Karte* 120.
- Graf, H.R. & Burkhalter, R. 2016: Quaternary deposits: concept for a stratigraphic classification and nomenclature – an example from northern Switzerland. – *Swiss J. Geosci.* 109/2, 137–147.
- Keller, O. & Krayss, E. 2005: Der Rhein-Linth-Gletscher im letzten Hochglazial, 1. Teil: Einleitung, Aufbau und Abschmelzen des Rhein-Linth-Gletschers im Oberen Würm. – *Vjschr. natf. Ges. Zürich* 150/1–2, 19–32.
- Morrison, R. & Kukla, G. 1998: The Pliocene–Pleistocene (Tertiary–Quaternary) boundary should be placed at about 2.6 Ma, not at 1.8 Ma. – *GSA Today*, August 1998, 9.

- Remane, J., Adatte, T., Berger, J.-P., Burkhalter, R., Dall'Agnolo, S., Decrouez, D., Fischer, H., Funk, H., Furrer, H., Graf, H.R., Gouffon, Y., Heckendorn, W. & Winkler, W. 2005: Richtlinien zur stratigraphischen Nomenklatur. – *Eclogae geol. Helv.* 98/3, 385–405.
- Richmond, G.M. 1996: The INQUA-approved provisional Lower–Middle Pleistocene boundary. In: Turner, C. (Ed.): *The Early Middle Pleistocene in Europe* (p. 319–327). – Balkema, Rotterdam.
- Salvador, A. 1994: *International stratigraphic guide* (2nd ed.) – Int. Union geol. Sci. and geol. Soc. Amer.
- Walker, M., Johnsen, S., Rasmussen, S.O., Popp, T., Steffensen, J.-P., Gibbard, P., Hoek, W., Lowe, J., Andrews, J., Björck, S., Cwynar, L.C., Hughen, K., Kershaw, P., Kromer, B., Litt, T., Lowe, D.J., Nakagawa, T., Newnham, R. & Schwander, J. 2009. Formal definition and dating of the GSSP (Global Stratotype Section and Point) for the base of the Holocene using the Greenland NGRIP ice core, and selected auxiliary records. – *J. Quatern. Sci.* 24, 3–17.
- Wegmüller, S. 1992: Vegetationsgeschichtliche und stratigraphische Untersuchungen an Schieferkohlen des nördlichen Alpenvorlandes. – *Denkschr. schweiz. Akad. Natw.* 102.