

Geologischer Atlas der Schweiz

Atlas géologique de la Suisse

1:25 000

Blatt

1166 Bern

Topografie: Landeskarte der Schweiz 1:25 000

(Atlasblatt 100)

Erläuterungen

verfasst von

ALFRED ISLER

(Kellerhals + Haefeli AG)

Mit 14 Textfiguren, 1 Tabelle und 1 Tafelbeilage

2005

Herausgegeben vom Bundesamt für Wasser und Geologie

Publié par l'Office fédéral des eaux et de la géologie

Empfehlung für die Angabe in einem Literaturverzeichnis

Karte:

KELLERHALS, P. und HAEFELI, C. (Geologiebüro) & STAEGGER, D. (2000): Blatt 1166 Bern. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Karte 100.

Erläuterungen:

ISLER, A. (2005): Blatt 1166 Bern. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 100.

Vertrieb: Bundesamt für Landestopografie, CH-3084 Wabern

© 2005, Bundesamt für Wasser und Geologie, CH-3003 Bern-Ittigen. – Alle Rechte vorbehalten. Übersetzungen und analoge oder digitale Vervielfältigungen dieses Dokuments oder von Teilen davon, die nicht ausschliesslich dem privaten Eigengebrauch dienen, sind nur mit Erlaubnis des Herausgebers gestattet.

ISSN 1420-2913

ISBN 3-906723-63-1

INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort	4
Einleitung	6
Stratigraphie	7
Tertiär	7
Untere Süßwassermolasse (USM)	7
Obere Meeresmolasse (OMM)	10
Quartär	16
Nomenklatorisches	16
Generelle Situation	19
Pleistozän	21
Vorletzte Vergletscherung	21
Letzte Vergletscherung	33
Holozän	44
Tektonik	46
Molasseoberfläche und Bohrungen	46
Rohstoffe	47
Hydrogeologie	49
Siedlungsgeschichtliche Elemente	51
Literaturverzeichnis	52

VORWORT

Mit den 1999 und 2000 erschienenen Blättern Worb und Bern des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 liegen erstmals seit der längst vergriffenen Karte von Eduard Gerber aus dem Jahre 1927 wieder aktuelle geologische Karten der Bundesstadt und ihrer Umgebung vor.

1980 bestimmte die Schweizerische Geologische Kommission (SGK) das Autorenkollektiv Dr. Dieter Staeger†, Dr. Peter Kellerhals und Dr. Charles Haefeli für die Neuaufnahme des Blattes Bern. Zwischen 1986 und 1988 kartierte D. Staeger, externer Mitarbeiter der Geologischen Landesaufnahme (GLA), einen Teil der Osthälfte des Kartengebietes, wobei er sich auf die vorgängig von ihm erstellte Baugrundkarte der Stadt Bern 1:10 000 stützen konnte. 1986 beauftragte die damalige Landeshydrologie und -geologie das Berner Geologiebüro P. Kellerhals und C. Haefeli mit der Kartierung der Westhälfte. Durchgeführt wurden die Feldaufnahmen in den folgenden zwei Jahren von Dr. Alfred Isler, Dr. Robert Ottiger, dipl. Geol. René Meier, P. Kellerhals und dipl. Geol. Alfred Zaugg. Für ihre Erhebungen standen den Autoren zahlreiche bestehende geologische Karten und unveröffentlichte Kartierungen zur Verfügung, namentlich die bereits 1977 begonnenen Aufnahmen von Dr. Benedikt Tröhler†. Der Kartierauftrag an das Geologiebüro wurde 1989 mit dem Einverständnis von D. Staeger auf den Ostteil des Blattes Bern ausgedehnt. Die Abgabe der Manuskriptkarte bei der GLA erfolgte 1991. Zwischen 1995 und 1999 nahm Dr. Werner Flück, der Redaktor des Blattes, zahlreiche Bereinigungen, Nachkartierungen und Ergänzungen vor; ausserdem führten A. Isler und Dr. Ueli Gruner von der Kellerhals + Haefeli AG 1998 eine Teilrevision durch. Während der redaktionellen Bearbeitung bei der GLA trugen Prof. Dr. Christian Schlüchter, Dr. Rudolf Gees, Dr. Hans-Peter Weiss, Dr. Johannes van Stuijvenberg, Dr. Bernard Ferrazzini und Dr. Gerhart Wagner mit Detailinformationen und Diskussionsbeiträgen zur Aktualität und Vollständigkeit der Karte bei.

Eine erste Version der vorliegenden Erläuterungen zum Blatt Bern wurde von A. Isler 1993 verfasst. 1998 erfolgte eine Neubearbeitung durch den Autor, welche bis zur Drucklegung in enger Zusammenarbeit mit dem Redaktor Dr. Reto Burkhalter laufend ergänzt und aufdatiert wurde. Zusammen mit der Karte vermitteln die Erläuterungen einen geologischen Überblick über das Gebiet zwischen der Stadt Bern und dem unteren Saanetal und liefern eine Bestandsaufnahme der aktuellen Kenntnisse über die Geologie in dieser Gegend. Schwerpunkt bildet die detaillierte stratigraphische Beschreibung der quartären Ablagerungen, die auf den neuesten Forschungsergebnissen basiert, gleichzeitig aber die noch bestehenden Unsicherheiten und den Interpretationsspielraum aufzeigt.

Im Namen der SGK haben Prof. Dr. Fritz Schlunegger vom Institut für Geologie der Universität Bern, Dr. Ursula Menkveld-Gfeller vom Naturhistorischen

Museum in Bern sowie Dr. Daniel Kälin von der GLA die Kapitel über die Molasse, Prof. Dr. Christian Schlüchter vom Berner Institut für Geologie diejenigen über das Quartär kritisch durchgelesen und durch ihre Verbesserungen und Anregungen zur Qualität dieser Publikation beigetragen.

Die kartografischen Arbeiten an Blatt Bern führten Remo Trüssel von der GLA sowie Nicole Bitschnau und Jonas Bieri vom Bundesamt für Landestopografie aus. Die Reinzeichnung und Bearbeitung der Profiltafel und der Figuren im vorliegenden Erläuterungsheft nahmen R. Trüssel, R. Burkhalter (GLA) und Pascal Marguerat (Landestopografie) vor. Die typografische Gestaltung des Textes und der Druck erfolgte beim Bundesamt für Landestopografie. Eduard Hegnauer† vom Buchantiquariat Hegnauer & Schwarzenbach in Bern half bei der Suche nach der Quelle der Figuren 1 und 14.

Die GLA dankt den Autoren und allen Beteiligten für die geleistete Arbeit, für ihre Beiträge und für die Weitergabe von Informationen.

Januar 2005

Bundesamt für Wasser und Geologie
Geologische Landesaufnahme

EINLEITUNG

Das Blatt 100 Bern des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25000 umfasst in seinem östlichen Teil dicht überbautes städtisches Gebiet: die Stadt Bern, Zollikofen, Bremgarten, Bethlehem-Bümpliz, Köniz und Wabern. Die beiden höchsten Erhebungen, der Gurten (858,1 m ü.M.) und der Utmizberg (937 m ü.M.), liegen in der Südostecke des Kartengebietes. Weiter westlich dominiert hügeliges, teils bewaldetes, teils landwirtschaftlich genutztes Gelände, das von Streusiedlungen durchsetzt ist.

Zu Beginn des 20. Jahrhunderts war die Gegend rund um die Stadt Bern noch wenig überbaut und die geomorphologischen Verhältnisse vielerorts weit besser sicht- und interpretierbar als heute. Die immer dichter werdende Besiedlung und die rege Bautätigkeit führten zu einer zunehmenden Beeinträchtigung der natürlichen Geländeformen, lieferten aber gleichzeitig im Laufe der Jahre eine grosse Zahl von Baugruben- und Bohraufschlüssen.

Das Kartengebiet liegt im Interferenzbereich von Aare- und Rhonegletscher und ist sehr stark durch deren jüngste Ablagerungen und Erosionsformen geprägt. Die Überlappung der beiden Gletschersysteme erschwert die Korrelation der verschiedenen quartären Lockergesteinseinheiten erheblich. Trotz der intensiven Bau- und Abbautätigkeit konnten im Quartär zudem nur sehr wenige datierbare Fossilfunde gemacht werden. Die Alterseinstufung und Korrelation der verschiedenen quartären Einheiten basiert nach wie vor hauptsächlich auf den in den einzelnen Schichtprofilen enthaltenen Moränenlagen, die je nach ihrem Verwitterungszustand, ihrer Vergesellschaftung mit den unter- und überlagernden Schotterserien oder anhand geröllpetrographischer Merkmale den verschiedenen Gletschern und Vergletscherungen zugeordnet werden.

Der Molassefels tritt vielerorts in kleineren und grösseren Aufschlüssen zu Tage. Er umfasst Ablagerungen der Unteren Süsswassermolasse (Gümmenen-Schichten) und der Oberen Meeresmolasse (Sense- und Belpberg-Schichten).

Bis zur Fertigstellung von Blatt Bern im Jahr 2000 lagen folgende geologische Karten vor:

- | | |
|-------------------------|--|
| JENNY et al. (1896): | Geologische Excursionskarte der Umgebungen von Bern, 1:25000 |
| NUSSBAUM (1922b, 1936): | Exkursionskarte der Umgebung von Bern, 1:75000 |
| GERBER (1927): | Geologische Karte von Bern und Umgebung, 1:25000 |
| STAEGER (1988a): | Baugrundkarte der Stadt Bern und Umgebung, 1:10000 |

Mit Ausnahme der Baugrundkarte sind diese Blätter schon seit Jahrzehnten vergriffen und auch in Antiquariaten kaum mehr erhältlich. Ebenfalls erwähnenswert sind die in jüngerer Zeit durch das Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) vorgenommenen regionalen hydrogeologischen Untersuchungen. Für das Gebiet von Blatt Bern liegen solche Berichte vom Saanetal zwischen Laupen und Aare (KELLERHALS & HAEFELI 1989), vom Gebiet Wileroltigen (KELLERHALS & HAEFELI 1984) und von der Region westlich und nordwestlich von Bern (NATURAQUA 1997) vor. Im Weiteren existiert eine Vielzahl von Publikationen, die zahlreiche nützliche Hinweise für die Kartierung lieferten und teilweise auch Eingang in die vorliegenden Erläuterungen zum Blatt Bern fanden (s. Literaturverzeichnis). Ziel der geologischen Neukartierung von Bern und Umgebung war es, die temporären Aufschlüsse kartographisch festzuhalten und sie so auch zukünftigen Generationen zu überliefern.

STRATIGRAPHIE

TERTIÄR

Die Molasseablagerungen im Gebiet von Atlasblatt Bern sind aus Unterer Süsswassermolasse (USM) und Oberer Meeresmolasse (OMM) aufgebaut. Diese Faziesgliederung bildet den Rahmen für die lithostratigraphische Unterteilung in Kartiereinheiten. Es ist mit heterochronen Faziesgrenzen bzw. Grenzen zwischen den Kartiereinheiten zu rechnen. Schlüssige Fossilfunde sind im Gebiet um Bern jedoch sehr spärlich (BERGER 1985, HABICHT 1987, KELLER 1989).

Untere Süsswassermolasse (USM)

(Aquitainen)

m₁ Gümnenen-Schichten

Allgemeines

Für die obere, sandig-mergelige USM des Berner Mittellandes haben BECKER (1972) und RUTSCH & SCHLÜCHTER (1973) die Bezeichnung Gümnenen-Schichten eingeführt. Der Name geht auf das Dorf im Saanetal zurück, wo bei

Koord. 584.450/200.000, knapp ausserhalb des Gebietes von Blatt Bern, sehr typische Aufschlüsse existieren. Ein vollständiges Profil, das als Typusprofil definiert werden könnte, fehlt jedoch.

Die Verbreitung der Gümminen-Schichten in der Umgebung von Bern ist aus der Nebenkarte «Geologische Übersicht 1:200 000» ersichtlich. Ausser in Oberflächenaufschlüssen sind sie auch in etlichen Stollen (z.B. im Zulaufstollen zum Kraftwerk Felsenau), in Kellern der Altstadt von Bern sowie im SBB-Grauholztunnel (DOLLINGER 1997) angetroffen worden.

Untergrenze

Die Untergrenze der Gümminen-Schichten ist im Gebiet von Blatt Bern weder an der Erdoberfläche aufgeschlossen noch erbohrt worden.

Obergrenze

Die Grenzziehung zwischen den Gümminen-Schichten und den Sense-Schichten (Grenze USM/OMM) kann vielerorts längs mehr oder weniger markanter Grenzhorizonte erfolgen. Die Grenze wird im Süden des Gebietes von Blatt Bern durch die Basis der Scherli-Nagelfluh (RUTSCH 1933), im Westen durch deren Äquivalente und im Osten durch das Basiskonglomerat bzw. den so genannten «Leithorizont 1» (GERBER 1950) markiert. Im nördlichen Teil des Blattes wie auch im Seeland bildet die Basis des «Unteren Muschelsandsteins» (sensu GERBER 1913) die Grenze zu den überlagernden Sense-Schichten (Fig.1 in GRUNER 2001). Wo eindeutige Basisbildungen des Liegenden fehlen, wird die Grenze beim Aussetzen der in den Gümminen-Schichten häufigen bunten Mergeinschaltungen oder beim Einsetzen von glaukonithaltigen Sandsteinen gezogen.

Die Grenze zwischen den relativ weichen, leicht verwitterbaren Gümminen-Schichten und den festeren Sandsteinen der Sense-Schichten kommt z.T. auch in der Geländemorphologie zum Ausdruck. So bilden im Gebiet südlich des Wangentals die Gümminen-Schichten die landwirtschaftlich genutzte Hochfläche, welcher der aus Sense-Schichten bestehende, bewaldete Mängistorfberg aufsitzt.

Im Gebiet zwischen dem Scherligrabe (1,5 km südlich des Kartengebietes) und der Berner Altstadt ist der Kontakt USM/OMM infolge der Überdeckung durch quartäre Ablagerungen nur an wenigen Orten direkt aufgeschlossen.

Geröll führende, glaukonithaltige Sandsteine, die das Einsetzen der Sense-Schichten markieren, sind am Ostende der Dalmazibrücke (Koord. 600.600/199.230) aufgeschlossen und waren vorübergehend auch in Baugruben zwischen Beundenfeld- und Moserstrasse (Koord. ca. 601.200/200.700) zu beobachten. Bei der Dalmazibrücke sollen in den dortigen Felsenkellern bzw. in einem ehemaligen Steinbruch bei der Kirchenfeldbrücke Haizähne (STUDER 1825) gefunden

worden sein. Andererseits kamen jedoch beim späteren Böschungsabtrag längs der Zufahrt zur Brücke Reste von Landpflanzen (*Palmacites helveticus* HEER, *Pinus gaudini* HEER u.a.) zum Vorschein (BACHMANN 1882), was für einen starken Landeinfluss spricht bzw. den Übergang vom terrestrischen zum brackisch-marinen Ablagerungsmilieu belegt.

Ein weiterer wichtiger Fixpunkt für den Grenzverlauf zwischen den Gümmenen- und den Sense-Schichten ist die Liegenschaft Junkerngasse 37 (Koord. 601.210/199.625), wo kurzzeitig mergelige USM aufgeschlossen war. Bei der Nydeggbücke stehen dagegen bereits eindeutige OMM-Sandsteine an.

Die Sandsteine nordwestlich der Erziehungsanstalt Landorf bei Köniz zeigen keinen sicher erkennbaren Glaukonit und werden aus diesem Grunde den Gümmenen-Schichten zugewiesen.

Westlich von Säriswil und im Weidhusgraben bei Innerberg markieren harte, gerölldurchsetzte Sandsteinbänke mit einzelnen Muscheln und Schalenbruchstücken die Basis der Sense-Schichten. Im ca. 3 km nördlich des Gebietes von Blatt Bern gelegenen Steinbruch bei Saurenhorn (Koord. 592.975/208.850, Atlasblatt 76 Lyss) war dieser Kontakt lange Zeit gut aufgeschlossen. Die Basis der OMM war dort durch einen Geröll führenden, ungefähr 1–2 m mächtigen Muschelsandstein gekennzeichnet. Im Steinbruch nördlich von Frieswil (Koord. 588.175/205.250) ist im obersten Teil der Grubenwand ebenfalls Muschelsandstein aufgeschlossen. Dieser Horizont liegt jedoch einige Meter über der Grenze zwischen den Gümmenen- und den Sense-Schichten. Die an die oberste Mergeleinschaltung der Gümmenen-Schichten gebundenen, einen markanten Quellhorizont bildenden Wasseraustritte dieses Gebiets liegen nämlich deutlich tiefer.

Lithologie

Die Gümmenen-Schichten bestehen aus relativ weichen Fein- bis Grobsandsteinen, Knauersandsteinen und Siltsteinen mit Einschaltungen unterschiedlich mächtiger, oft rötlicher, mehr oder weniger toniger Mergel. Abgesehen von vereinzelt Geröllschnüren und sporadischen Einzelgeröllen fehlen Nagelfluheinschaltungen vollständig. Die Sandsteine haben, im Vergleich zu den Glaukonit führenden Sandsteinen der OMM, einen wesentlich höheren Feldspatgehalt. Sie sind häufig schräg geschichtet und weisen ein kalkiges bis leicht mergeliges Bindemittel auf.

Das Ablagerungsmilieu war fluviatil und limnisch. Die Sandsteine repräsentieren Rinnenfüllungen, Uferwälle und Überschwemmungsablagerungen mäandrierender Flüsse. Bei den Mergeln handelt es sich um die Ablagerungen von feiner Suspension in den flussfernen Bereichen der Schwemmebene (DOLLINGER 1997). Rasche vertikale und horizontale Fazieswechsel sind die Regel. Lithostratigraphische Leithorizonte, die eine grossräumige Verbreitung aufweisen, sind denn auch innerhalb der im Kartengebiet aufgeschlossenen Gümmenen-Schichten kei-

ne vorhanden. Generell gesehen sind die Ablagerungen jedoch recht gleichförmig ausgebildet.

Mächtigkeit

Die Mächtigkeit der Gümmenen-Schichten im Raum Bern kann auf mindestens 800 m geschätzt werden.

Fossilinhalt und Alter

Die Zuordnung des obersten Teils der Unteren Süsswassermolasse zum Aquitanien darf als einigermaßen gesichert gelten, da sie säugetierpaläontologisch recht gut belegt ist (FRASSON 1947, SCHAUB & HÜRZELER 1949, RAMSEYER 1953). Bei Sprengungen in der Engehalde nördlich von Bern wurden Reste von Nashörnern («*Ceratherium*», *Rhinoceros*), eines hirschgrossen, giraffenartigen Wiederkäuers (*Palaeomeryx* sp.) sowie von Schildkröten gefunden (KISSLING 1890, STEHLIN 1914, BECKER 2003). Weitere Säugerfunde stammen von Reichenbach bei Zollikofen sowie vom Südufer der Aare östlich der Halenbrücke (?Tapirzahn). Lokal enthalten die Mergel zudem kohlige Einlagerungen, Pflanzenhäcksels und Holzreste. Molluskenschalen fanden sich an der Engehalde, bei der Tiefenaubücke, in der Eymatt sowie beim Hauptbahnhof Bern.

Obere Meeresmolasse (OMM)

(Burdigalien)

m₂ Sense-Schichten («Burdigalien» auct., Berner Sandstein)

Allgemeines

Die Sense-Schichten umfassen eine mächtige Serie mariner Sandsteine. RUTSCH (1967) führte diesen Namen für die Abfolge zwischen der Scherli- und der Bütschelbach-Nagelfluh ein. Von KAUFMANN (1872) wurden diese Schichten als Berner Sandstein bezeichnet. Der Sandstein fand als Baustein weite Verbreitung und prägt auch das Bild der Berner Altstadt. Im Gebiet des Atlasblattes Bern lassen sich die Sense-Schichten nicht weiter aufgliedern.

Untergrenze

Die Grenze wird im Süden des Gebietes von Atlasblatt Bern durch die Basis der Scherli-Nagelfluh und im Osten durch die Sohle des Basiskonglomerats bzw.

des so genannten «Leithorizonts 1» (GERBER 1950) markiert. Die Scherli-Nagelfluh, eine mehrere Meter mächtige quarzitreiche Nagelfluhbank, setzt sich vom Scherligrabe (Koord. 594/192, Atlasblatt 26 Schwarzenburg) bis 500 m südlich von Mengestorf fort und lässt sich – in Form von Geröllschnüren – östlich und nördlich davon bis in die Südflanke des Mängistorfbergs weiter verfolgen. Im nördlichen Teil des Gebietes von Blatt Bern wie auch im Seeland bildet der «Untere Muschelsandstein» (GERBER 1913)¹⁾ die Basis der Sense-Schichten.

Wo Basisbildungen fehlen, wird die Grenze mit dem Aussetzen der in den Gümnenen-Schichten häufigen bunten Mergeleinschaltungen bzw. dem Einsetzen von Glaukonit führenden Sandsteinen festgelegt.

Obergrenze

Die Obergrenze der Sense-Schichten wird an der Basis der Bütschelbach-Nagelfluh gezogen (S. 14). Dieser Horizont lässt sich von der Typuslokalität am Bütschelbach (ca. 5 km südlich des Gebietes von Blatt Bern, Atlasblatt 26 Schwarzenburg) bis ins Kartengebiet verfolgen, kann sich aber auf kurze Distanz in einzelne Geröllschnüre auflösen oder gar ganz auskeilen. Am Ulmizberg und am Gurten, wo mehr oder weniger kompakte Sandsteine im Liegenden von einer Sandstein-Mergel-Serie im Hangenden abgelöst werden, ist meist kein konglomeratischer Trennhorizont ausgebildet und der Kontakt nur anhand des Einsetzens von Mergeln lokalisiert. Demzufolge ist auf der Karte dort auch keine Konglomeratbank vermerkt. Gemäss den sequenzstratigraphischen Untersuchungen von SCHOEPPER (1989) handelt es dennoch um einen isochron verlaufenden Horizont.

Die Bütschelbach-Nagelfluh verläuft rund 100–130 m tiefer als die Ulmiz-Nagelfluh der Belpberg-Schichten (S. 14), welche in der Vergangenheit wiederholt als «Burdigalien»/«Helvétien»-Grenze interpretiert wurde. Verfolgt man die Bütschelbach-Nagelfluh unter Mitberücksichtigung des generellen Schichtfallens – die Schichten fallen im Mittel mit ca. 5–7° nach Südosten – weiter gegen Nordosten, so müsste sie das Trasse der Gurtenbahn auf ca. 700 m ü.M. kreuzen. Sie dürfte sich, wie bereits von RUTSCH (1933, Taf. II, 1967) angenommen, in die auf dem östlich angrenzenden Atlasblatt 104 Worb gelegenen Molasseaufschlüsse beim Falkenhüs und bei Vorder-Märchligen fortsetzen (GRUNER 2001).

GERBER (1982) korreliert die Aufschlüsse am Gurten mit dem so genannten «Leithorizont 2a» von GERBER (1950), der bis in den Oberaargau verfolgt werden kann, interpretiert ihn jedoch als Trennhorizont innerhalb der Sense-Schichten und nicht als Grenze zu den Belpberg-Schichten.

¹⁾ Nicht zu verwechseln mit dem «Unteren Muschelsandstein» nach GERBER (1926), der im Gebiet von Atlasblatt Worb die Obergrenze der Sense-Schichten bildet.

Lithologie

Scherli-Nagelfluh: Die Typuslokalität ist im Scherligrabe gelegen (Koord. 595.750/192.625), der sich ca. 1,5 km südlich des Gebietes von Blatt Bern befindet. Dort ist eine über 6 m mächtige quarzitreiche Nagelfluhbank ausgebildet. Häufig füllt dieses Konglomerat Erosionsrinnen in der Unterlage auf. Details zur Lithologie und Sedimentologie finden sich in FRASSON (1947) und VAN DER LINDEN (1963). Wie auf Seite 11 beschrieben, setzt sich die Scherli-Nagelfluh bis in den Südhang des Mängistorfbergs fort, wo sie ca. 7–8 m mächtig und gut aufgeschlossen ist (Koord. 595.470/194.325).

Sense-Schichten: Es handelt sich überwiegend um grün-, blau- bis olivgraue, mehr oder weniger glaukonitische, massig-bankige Sandsteine (so genannte Bau-sandsteine), die von oft ausgesprochen dünnplattigen, z.T. auch feinschichtigen Sand- und Siltsteinen mit seltenen Einschaltungen von blau- bis gelbgrauen Mergeln überlagert werden. Die massig-bankigen Partien wurden früher zwischen Bern und Burgdorf in zahlreichen Steinbrüchen abgebaut (z.B. bei Schliern, bei der Gurtenbrauerei, beim Aargauerstalden [Fig. 1], bei Ostermundigen und bei Krauchthal).

Von der Scherli-Nagelfluh abgesehen, fehlen im Gebiet von Blatt Bern Konglomeratbänke innerhalb dieses Schichtkomplexes. Geröllschnüre und -nester sowie Einzelgerölle sind jedoch recht häufig.

Gelegentlich werden innerhalb der Sense-Schichten auch kohlige Lagen mit Pflanzenhäcksel und inkohltm Treibholz beobachtet. Die Sense-Schichten wurden im seichten Küstenbereich des Molassemeeres abgelagert (VAN DER LINDEN 1963, GERBER 1982, KELLER 1989).

Mächtigkeit

Die Mächtigkeit der Sense-Schichten im Gebiet Sense-Schwarzwasser-Büt-schelbach, ca. 6 km südlich des Kartengebietes, beträgt ca. 320–350 m und zwischen Ulmizberg und Köniz rund 400 m. Bei einer Sondierbohrung für die Brauerei Gurten am nördlichen Fuss des Gurtens wurde die Scherli-Nagelfluh auf 350 m ü.M. und die obersten bunten Mergel auf ca. 310 m ü.M. festgestellt, was einer Mächtigkeit von ca. 350 m entspricht.

Fossilinhalt und Alter

Im Übergangsbereich zu den hangenden Belpberg-Schichten wurden an mehreren Stellen Dentalien gefunden, so z.B. in den schon länger bekannten Muschelsandsteinaufschlüssen am Nordhang des Gurtens (GERBER 1938 sowie ca. Koord. 600.380/197.200), wo zudem Schwemmhölzer und schlecht erhaltene Austern- und ?Tapes-Reste beobachtet wurden. Analoge Aufschlüsse finden sich auch südöstlich der Bächtelen (Koord. ca. 601.400/196.800), am Westhang des Ul-

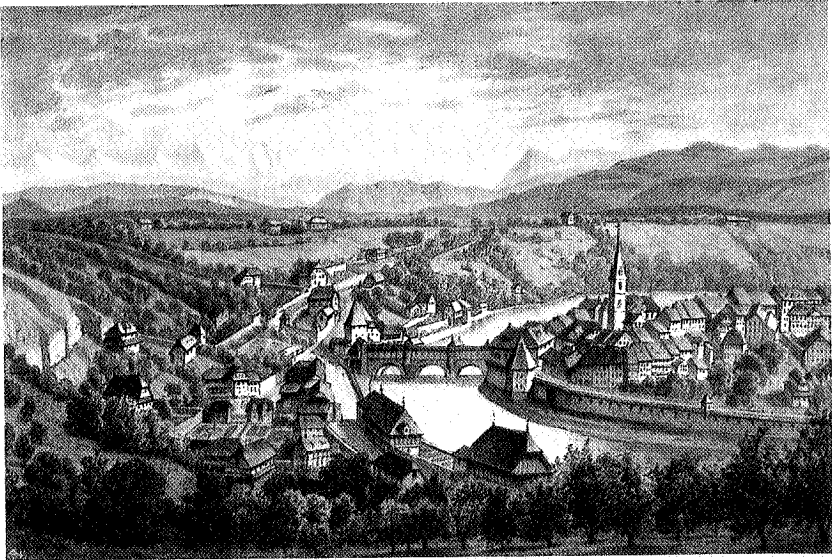


Fig. 1: «Die Gegend vor dem untern Thor und der Stalden [= Alter Aargauerstalden] um 1749, vom Abhang des Altenbergs unterhalb der Oranienburg aus gesehen.» (TÜRLER 1896). Am linken Bildrand ist die «Sandfluh» zu erkennen, der ehemalige Steinbruch in den Sense-Schichten im Gebiet des heutigen Aargauerstaldens. Quelle: TÜRLER (1896).

mizbergs (Koord. 599.075/194.225) sowie im Gurtentäli (Koord. 600.615/195.330; die beiden letzteren Vorkommen sind auf der Karte den Belpberg-Schichten zugewiesen), wo einzelne Muscheln und Muschelschalentrümmer sowie Haizähne aufgesammelt wurden. Alle Fossilfunde lassen jedoch keine genaue Altersangabe zu. Die Alterszuordnung der Sense-Schichten beruht daher lediglich auf ihrer Stellung im Schichtverband.

m₃ Belpberg-Schichten («Helvétien» auct.)

Allgemeines

Die im Hangenden der Sense-Schichten auftretenden Molasseschichten werden den Belpberg-Schichten sensu RUTSCH (1967) zugeordnet. Am Ulmizberg und am Gurten können sie in einen unteren, mergeligen und einen oberen, sandigen

Teil gegliedert werden, die durch die Ulmiz-Nagelfluh voneinander getrennt sind. Diese Grenzschiebt liegt rund 100–130 m höher als das Niveau der Bütschelbach-Nagelfluh. Sie lässt sich über weite Strecken durchgehend verfolgen und ist u. a. im Gummersloch und auf der Nordseite des Gurtentäli gut aufgeschlossen. In der Gegend von Oberbalm–Borisried, im Südwesten des Ulmizbergs, verliert sie zunehmend an Bedeutung. Zudem tritt hier nicht nur ein einzelner Horizont auf, sondern mehrere recht eng beieinander liegende, die nicht mehr eindeutig zugeordnet werden können. Weiter im Osten dürften die Utzigen-Schichten sowie der «Leithorizont 4» (GERBER 1950) das Äquivalent der Ulmiz-Nagelfluh darstellen (Fig. 1 in GRUNER 2001).

Die am Belpberg vorhandenen «Petrefaktenlager» (RUTSCH 1926, 1928, 1955, 1958, BECK & RUTSCH 1958) existieren in dieser Ausbildung am Gurten nicht.

Untergrenze

Basis der Abfolge bildet die Sohle der Bütschelbach-Nagelfluh (RUTSCH 1967). Die Bütschelbach-Nagelfluh ist im Gebiet zwischen Schwarzwasser und Bütschelbach und bis wenig südlich des Gebietes von Blatt Bern in die Gegend von Oberscherli zu verfolgen. Am Ulmizberg und am Gurten fehlt dieser konglomeratische Trennhorizont. Die Grenze wurde hier mit dem Einsetzen der Mergelschichtungen gezogen (S. 11, Obergrenze der Sense-Schichten). Die in der ersten Hälfte des 20. Jahrhunderts tätigen Bearbeiter der Region Bern haben diese Grenzziehung z.T. sehr unterschiedlich durchgeführt und ihre Meinung teilweise auch mehrfach geändert. SCHOEPPFER (1989) kam aufgrund sequenzstratigraphischer Untersuchungen südwestlich von Bern zum Schluss, dass diese Nagelfluhlage im Gegensatz zu anderen Horizonten isochron verläuft und deshalb einen besonders bedeutenden Grenzhorizont darstellt. Für Details zu dieser Grenzziehung sei auf GRUNER (2001) verwiesen.

Obergrenze

Der obere Teil der Belpberg-Schichten und damit ihre Obergrenze ist im Gebiet von Blatt Bern nicht vorhanden.

Lithologie

Unterer Teil der Belpberg-Schichten: Dieser Abschnitt besteht zur Hauptsache aus bankig-plattigen Sandsteinen, siltigen Sandsteinen, Mergelsandsteinen und mehr oder weniger sandigen und tonigen Mergeln sowie untergeordneten Nagelfluhhorizonten. Die Mergel sind je nach Verwitterungsgrad blau- oder gelbgrau gefärbt. Sie sind in frisch ausgespülten Tobeln gut, im bewachsenen Gelände jedoch nur schwer zu erkennen. Lokal finden sich bräunliche Lagen und Linsen

mit kohligem Material sowie schlecht erhaltene Steinkerne von Muscheln. Bei diesen Ablagerungen handelt es sich um Brackwasserbildungen (RUTSCH 1967).

Ulmiz-Nagelfluh: Typuslokalität am Ulmizberg bei Koord. 599.770/193.950 (Atlasblatt 26 Schwarzenburg). Es handelt sich um eine bis mehrere Meter mächtige Quarzitnagelfluh mit Gangquarzen, Quarziten, Hornsteinen u.a. und meist weniger als 10% Kalk- und Sandsteingeröllen.

Mittlerer Teil der Belpberg-Schichten: Er umfasst hauptsächlich mittel- bis grobkörnige Sandsteine ohne prägnante Mergeleinschaltungen. Dieser Abschnitt, der u.a. den Gurten-Kulm aufbaut, wurde von GERBER (1923) und RUTSCH (1967) als «Bausandsteinzone» bezeichnet. Seine höheren Teile sind im Gebiet von Blatt Bern moränenbedeckt.

Der *obere Teil der Belpberg-Schichten* fehlt im Gebiet von Blatt Bern durch Erosion.

Mächtigkeit

Die Belpberg-Schichten sind am Gurten bis ca. 150 m und am Ulmizberg ca. 180 m mächtig.

Fossilinhalt und Alter

Die Belpberg-Schichten (RUTSCH 1926, 1928, 1967) verdanken ihren Namen dem südöstlich des Gebietes von Blatt Bern gelegenen Belpberg, wo aber lediglich die obersten 200 m dieser Abfolge aufgeschlossen sind. Sie enthalten dort und am Längenberg zahlreiche Fossilhorizonte («Petrefaktenlager») mit sehr vielfältigen brackisch-marinen Faunen. Neben den dominierenden Bivalven und Gastropoden wurden Bryozoen, Serpuliden, Korallen, Echiniden, Dentalien, Brachiopoden, Balaniden, Hai- und Rochenzähne sowie Reste von Krabben, Knochenfischen, Land- und Meeressäugern (z.B. Wale) und von Pflanzen gefunden. Die Foraminiferen sind meist schlecht erhalten und z.T. aufgearbeitet. Aufgrund ihres Reichtums und ihrer Vielfalt gehören diese Faunen der OMM zu den wichtigsten in der Schweiz (PFISTER & WEGMÜLLER 1994, 1998, 1999, 2000, 2001).

Für die von MAYER-EYMAR (1857) aufgestellte Stufe des Helvétien schlug RUTSCH (1958) ein Typusprofil in den Belpberg-Schichten am Imihubel (Koord. ca. 600.580/189.175, Atlasblatt 26 Schwarzenburg) vor. Diese Stufe wird heute jedoch nicht mehr verwendet, u.a. wegen der Armut des Stratotyps an Leitformen, was zu widersprüchlichen Aussagen bezüglich der Alterseinstufung führte (vgl. THALMANN 1923, MARTINI 1971, MÜLLER 1982, SCHOEPPFER 1989 u.a.).

Für die Basis der überlagernden OSM im benachbarten Gebiet des westlichen Napfschuttfächers, die «Basismergelzone», wurde anhand von Kleinsäugerzähnen (z.B. Hüenerbach und mittlerer Hegengraben bei Langnau i.E.) und magnetostratigraphischen Untersuchungen (KÄLIN 1997, KEMPF et al. 1997, S. 558)

ein Alter von 17 Ma (Burdigalien) ermittelt. Das von FISCHER (1985) anhand des $^{87}\text{Sr}/^{86}\text{Sr}$ -Verhältnisses in Pectinidenschalen bestimmte Alter von $15,5 \pm 1$ Ma (Langhien) für die Belpberg-Schichten ist somit wahrscheinlich zu jung, obwohl zweifelsfrei belegt ist, dass der Übergang der OMM in die OSM örtlich zu verschiedenen Zeiten geschah.

QUARTÄR

Nomenklatorisches

In den älteren Atlasblättern des Berner Mittellandes wird von der «klassischen» Vorstellung von vier Glazialen (Günz, Mindel, Riss und Würm) und drei dazwischen liegenden Interglazialen ausgegangen. Das Würm-Glazial wurde von einigen Autoren zusätzlich in eine Würm-I- und eine Würm-II-Vergletscherung mit dazwischen liegendem Interstadial unterteilt. Über die Frage, welcher dieser beiden Gletschervorstösse der bedeutendere war, herrschte allerdings lange Zeit Uneinigkeit. Weitgehend unbestritten war dagegen, dass die «Riss»-Vergletscherung (im Sinne von PENCK & BRÜCKNER 1901–1909) die grösste der vier Vergletscherungen gewesen sei.

Neuere Forschungsergebnisse, vor allem von Pollenanalysen, absoluten Altersbestimmungen sowie Untersuchungen von Paläoböden, haben in den letzten Jahrzehnten zu einer Wiederbelebung der seit PENCK & BRÜCKNER (1901–1909) in den Hintergrund geratenen Diskussion um die Zahl der Eiszeiten und damit zu einer Renaissance des Polyglazialismus geführt. Besonders C. Schlüchter und M. Welten haben mit ihren Untersuchungen an den Bohrungen Thalgut und Meikirch (WELTEN 1982, 1988, SCHLÜCHTER 1989) im Raum Bern zu kritischem Hinterfragen der bisherigen Hypothesen angeregt.

In Figur 2 ist die herkömmliche Einstufung, wie sie auf den älteren geologischen Karten verwendet wurde, der auf Blatt Bern verwendeten, aktuellen Gliederung und Nomenklatur gegenübergestellt.

Die folgenden neueren Sachverhalte und Thesen sind für die Interpretation der quartären Ablagerungen im Gebiet von Blatt Bern von ausschlaggebender Bedeutung:

Fig. 2: Die litho- und morphostratigraphischen Einheiten des Mittel- und Oberpleistozäns im Gebiet von Blatt Bern. Die hier dargestellte Zuordnung dieser Einheiten zu Glazialen und Interglazialen bzw. ihre chronostratigraphische Stellung entspricht im Wesentlichen der in der Kartenlegende verwendeten Einstufung. Alternative Zuordnungen werden im Text beschrieben.

Die vertikal schraffierten Flächen stellen Schichtlücken dar. ¹⁾ 1 ka = 1000 Jahre.

Litho- und morphostratigraphische Einheiten im Gebiet von Atlasblatt Bern	Glaziale und Interglaziale (bzw. Stadiale und Interstadiale)			Chrono- strati- graphie	Alter [ka] ¹
	Aktuelle Gliederung und Nomenklatur	Äquivalente oder ältere Nomenklatur			
		Holozän	Nacheiszeit		
<p>Alluviale Ablagerungen, junge Verlandungssedimente, Hangschutt usw.</p> <p>Spät- bis postglaziale Schotter, q_3</p> <p>Spät- bis postglaziale Verlandungsbildungen, q_{3L}</p> <p>Spät- bis postglaziale Stausedimente, q_{3st}</p> <p>Rückzugsschotter der Letzten Vergletscherung («Felderschotter» und Äquivalente), q_{4sf}</p> <p>Moräne der Letzten Vergletscherung, q_{4m}</p> <p>Forst-Schotter, oberer Teil, q_f</p> <p>Grobblocklage (Moräneneck)</p> <p>Plateauschotter s. l.</p> <p>Plateauboden</p> <p>Forst-Schotter, unterer Teil, q_f</p> <p>Stausedimente, q_{3-st}</p> <p>Rinnen- Schotter, q_r</p> <p>«Altmoräne», q_{3m}</p> <p>q_{3SL}</p> <p>Gletschersee- Moräne, q_{3SL}</p> <p>Seetone</p> <p>(Moräne und Erratiker ausserhalb des Würm-Maximums [Blatt 104 Worbt])</p>	Letzte Vergletscherung		PLISTOZÄN		
	Hauptvorstoss [Last Glacial Maximum, LGM]		Oberpleistozän		17
	Interstadialkomplex		Mittelpleistozän		27
	Früher Vorstoss				56
	Eem sensu Welten				115
	Vorletzte Vergletscherung				130
	Holstein 2 sensu Welten von Meikirch (H_M)				186
	«Grosse Vergletscherung (II)»				242
	Holstein 1 sensu Welten mit <i>Pierocarya</i> (H_P)				
	«Grosse Vergletscherung (I)»				
—					
Grösste Vergletscherungen [Most Extensive Glaciation(s), MEG]		«Riss» nach herkömmlicher paläogeographischer Nomenklatur		<780	

- In der 1981 nahe des nördlichen Blattrandes abgetieften wissenschaftlichen Kernbohrung Meikirch (Koord. 594.800/205.860) sind unter einem Schotter-Grundmoränen-Komplex der Letzten Vergletscherung feinkörnige Beckensedimente (Seetone) erbohrt worden. Die darin enthaltenen Pollen belegen nach WELTEN (1988) zwei Interglaziale, die durch ausgedehnte Wälder charakterisiert waren (Eem und ein zweiteiliges Holstein). Der unterste Teil des Profils reicht somit mindestens bis in die Zeit der «Grossen Vergletscherung II» (vgl. Fig. 2) zurück.
- In der in der Kiesgrube Thalgut (Koord. 609.000/186.550, Atlasblatt 21 Münsingen) aufgeschlossenen bzw. erbohrten Schichtabfolge (DIEGEL 1975, SCHLÜCHTER 1976) sind anhand von Pollen ebenfalls zwei Interglaziale (Eem und Holstein) nachgewiesen worden. Die im Thalgut palynostratigraphisch erfasste Holstein-Warmzeit sensu Welten zeigt im Vergleich zum Holstein von Meikirch jedoch eine vegetationskundlich unterschiedliche Entwicklung auf (im Thalgut mit, in Meikirch ohne *Pterocarya*-Pollen). Noch unpublizierte Lumineszenzdatierungen an den Kernen der Bohrung Meikirch ergaben denn auch sowohl für den Schotter-Grundmoränen-Komplex als auch für die darunter liegenden Seetone ein zwischen Eem und Holstein 1 liegendes Alter von 260 000–190 000 Jahren vor heute (PREUSSER & SCHLÜCHTER 2004a).
- In der ehemaligen Kiesgrube bei Müntschemier im Berner Seeland (Koord. 576.650/205.300, Atlasblatt 63 Murten) sind Seetone erbohrt worden, die u.a. auch vereinzelte Körner von *Pterocarya* sp. enthielten und von MEYER-WOLFFARTH (1986) mit dem Holstein sensu Welten von Meikirch korreliert wurden.
- Die Forst-Schotter sind lokal durch eine Grobblocklage in einen oberen und einen unteren Teil getrennt. Der damit lokal assoziierte Paläoboden ist sehr mächtig und gemäss C. Schlüchter (in NATURAQUA 1997) in einer oder gar zwei Interglazialzeiten entstanden.
- Laut C. Schlüchter (mündl. Mitt.) weist die monotone feinkörnige lakustische Abfolge des Profils von Meikirch weder Spuren einer «Riss»-Moräne noch eindeutige gletscherbedingte Schichtlücken auf. Der Rhonegletscher ist deshalb seiner Meinung nach in der Vorletzten Vergletscherung nicht bis nach Meikirch vorgestossen. Die Grösste Vergletscherung muss folglich älter als die «Riss»-Eiszeit sensu PENCK & BRÜCKNER (1901–1909) sein.

Aus diesem Sachverhalt kann geschlossen werden, dass die maximale Tiefenerosion des Aaretal- und des Seeland-Troges mindestens einen Vergletscherungszyklus älter ist als bisher generell angenommen wurde, d.h. vor dem älteren bzw. jüngeren Holstein-Interglazial (sensu Welten) erfolgt sein muss. Diese Folgerung ist jedoch durch weitere Befunde zu verifizieren.

Unter dem Begriff «Riss» wird hier Folgendes verstanden:

1. «Riss» nach herkömmlicher *stratigraphischer* Nomenklatur: Vorletzte Vergletscherung im Sinne von PENCK & BRÜCKNER (1901–1909), d.h. die dem Würm vorausgegangene Vereisungsperiode. Die Reichweite der Gletscher blieb in dieser Zeit hinter der Gletscherausdehnung während des späteren letzteiszeitlichen Hauptvorstosses zurück. Dieses Glazial verkörpert demzufolge nicht mehr länger auch die grösste, d.h. ausgedehnteste Vereisung.
2. «Riss» nach herkömmlicher *paläogeographischer* Nomenklatur: Mit diesem Begriff wird die effektiv grösste Vergletscherung bezeichnet, während der weite Teile der Schweiz eisbedeckt waren. Ihre genaue chronostratigraphische Stellung ist jedoch noch wenig geklärt. Mit Sicherheit ist sie älter als das «Riss» nach herkömmlicher stratigraphischer Nomenklatur.

Die der Kartenlegende und den Erläuterungen zugrunde gelegte glazialstratigraphische Gliederung berücksichtigt die erwähnten neuen Forschungsergebnisse (vgl. SCHLÜCHTER & KELLY 2000), will aber gleichzeitig die noch bestehenden Unsicherheiten und den Interpretationsspielraum aufzeigen.

Generelle Situation

Das Gebiet um Bern liegt im Interferenzbereich von Rhone- und Aaregletscher. Anhand der Verteilung der leitenden Erratiker, der Lage und des Erhaltungszustandes der End- und Seitenmoränengirlanden und der dazugehörigen Schotterfelder wie auch aufgrund absoluter Altersbestimmungen lässt sich klar zeigen, dass das Gebiet von Blatt Bern mindestens zwei Mal praktisch vollständig eisüberdeckt war. Während der letzteiszeitliche Hauptvorstoss (Last Glacial Maximum, LGM, Fig. 2) gut fassbar ist und in die Zeit zwischen ca. 27000–17000 Jahre vor heute fällt, herrscht über den Zeitpunkt der vorangegangenen Vergletscherungen noch erhebliche Unsicherheit. Klar ist die Existenz der Grössten Vergletscherung («Riss» nach herkömmlicher paläogeographischer Nomenklatur; Most Extensive Glaciation, MEG), die wesentlich über den letzteiszeitlichen Maximalvorstoss hinausgereicht hat. Unter der Moräne des letzteiszeitlichen Hauptvorstosses gelegene Grundmoränenreste wurden wechselnd einem älteren Vorstoss der Letzten Vergletscherung (Frühwürm), der Vorletzten Vergletscherung («Riss» nach herkömmlicher stratigraphischer Nomenklatur; Fig. 2) oder gar noch älteren Vergletscherungen zugeordnet.

In der Ostschweiz sind ausserhalb der markanten Moränengirlanden des letzteiszeitlichen Hauptvorstosses auf zahlreichen Höhenrücken glaziofluviale Schotter, die Deckenschotter, und Moränenreste erhalten geblieben, in die z.B. am Irchel (ZH) Überschwemmungsablagerungen mit interglazialen Charakter

eingeschaltet sind (GRAF 1993). Letztere konnten aufgrund darin enthaltener Kleinsäugerzähne auf 2,1–1,8 Millionen Jahre vor heute datiert werden (BOLLIGER et al. 1996). Dies belegt eindeutig die Existenz von Eiszeiten, die wesentlich älter sind als die von PENCK & BRÜCKNER (1901–1909) definierte «Günz»- und «Mindel»-Vereisung. Die in der Region Bern–Biel vorhandenen Plateauschotter wurden früher z.T. ebenfalls den Deckenschottern zugeordnet. Da sie jedoch innerhalb der Endmoränenwälle der Letzten Vergletscherung gelegen sind, werden sie heute als wesentlich jünger betrachtet.

Generell kann davon ausgegangen werden, dass der Aaregletscher das Gebiet von Blatt Bern jeweils bedeutend früher erreicht hat als der aus dem Genferseegebiet vordringende Arm des Rhonegletschers und sich bis zu dessen Eintreffen ungehindert lappenförmig weit über Bern hinaus ausbreiten konnte. Anhand von lokal erhalten gebliebenen Grundmoränenrelikten, die Aaregletschermaterial und höchstens wenige Gerölle aus dem Einzugsgebiet des Rhonegletschers enthalten, kann geschlossen werden, dass der Aaregletscher mit seiner Eisfront zeitweise bis auf eine Linie Neuenegg–Bütschwil–Jegenstorf vorgedrungen ist (NUSSBAUM 1908, 1923, 1927, FREI 1912, STAEGER 1988b), d.h. weit über den beim letzteiszeitlichen Rückzug gebildeten, gut erhaltenen Moränenkranz des Bern-Stadiums hinaus. Die dazugehörigen Schotterfelder (Vorstossschotter, Eisrandschotter und Sander) dürften bis zum Jura gereicht haben; sie zeichnen sich ebenfalls durch das Fehlen von Rhonegletschermaterial aus (s. Kap. Plateauschotter). Unklar ist allerdings, wie erwähnt, das genaue Alter dieser u.a. in der Kiesgrube bei Oberwangen, bei Bütschwil (Atlasblatt 76 Lyss) und in den Gruben im Raum Zuzwil–Wiggiswil (Atlasblatt 22 Burgdorf) aufgeschlossenen Schotter- und Moränenreste. Mindestens ein Teil davon ist mit grosser Wahrscheinlichkeit letzteiszeitlicher Entstehung.

Die vorrückende Zunge des Rhonegletschers blieb anfänglich vermutlich auf der Nordabdachung des Buchegg- und des Frienisbergs und vereinigte sich erst später auf breiter Front mit dem Aaregletscher. Beim weiteren Vorstoss des Rhonegletschers wurde dann der Aaregletscher im Aaretal südlich von Bern zurückgestaut. Der Rhonegletscher stiess während des letzteiszeitlichen Hauptvorstosses zwei bis drei Kilometer über den später gebildeten Endmoränenkranz bei Wangen a.A. hinaus vor (BINGGELI 1971). Dies trifft auch für den Raum Burgdorf zu, wo der Gletscher ebenfalls kurzfristig weit über die äussersten erhalten gebliebenen Seitenmoränen hinausreichte (WANNER 1980). Die ausgedehnten Drumlinfelder von Schönbühl–Urtenen–Bäriswil und von Illiswil–Kirchlindach dürften beim Vorstoss des Aaregletschers zu diesem Maximalstand entstanden sein (vgl. STAEGER 1988b). Gemäss JÄCKLI (1970) wies der Rhonegletscher während der letzteiszeitlichen Maximalausdehnung im Raum Bern eine Eismächtigkeit von 400–500 m auf und überdeckte an seinem rechten Rand das Mittelland bis etwa auf eine Linie Schwarzenburg–Burgdorf. Beim anschliessenden Rückzug trennten sich der Rhone- und der Aaregletscher wieder, und in ihrem Vorfeld gelangten

weitflächige Schotterfluren (die «Felderschotter») zur Ablagerung. Die in und um Bern gelegenen Moränenkränze markieren längere, eventuell von kleineren Wiedervorstössen unterbrochene Zwischenhalte des sich definitiv aus dem Mittelland zurückziehenden Aaregletschers.

Über das Felsrelief im Raum Bern orientiert eine in STAEGER (1988b) enthaltene Felsisohypsenkarte.

Pleistozän

VORLETZTE VERGLETSCHERUNG

(«Riss» nach herkömmlicher stratigraphischer Nomenklatur)

q_{3SL} Glaziolakustrische Ablagerungen (Seetone und Gletscherseemoräne)

An zahlreichen Stellen treten zusammen mit der so genannten «Altmoräne» (q_{3m}) glaziolakustrische Ablagerungen (Seetone und Gletscherseemoräne) auf, so z.B. am rechten und linken Aareufer rund um die Berner Altstadt, in der Eymatt bei Hinterkappelen und in der Grube der Ziegelei Rehlag bei Bümpliz (Koord. 595.300/198.100, Fig. 3). An der Sohle der grossen Kiesgrube bei Bramberg (Koord. 586.900/195.450) waren sie ebenfalls vorübergehend aufgeschlossen. Es handelt sich um meist fein geschichtete, hart gelagerte Tone, Silte und Fein- bis Mittelsande mit vereinzelten Kieslagen und -linsen sowie Dropstones.

Bei den Seetonen handelt es sich um Ablagerungen in einem Gletschersee. Dort, wo sie infolge glazialer Überprägung teilweise oder ganz mit Gletscherschutt durchmischt sind, spricht man von Gletscherseemoräne (waterlain till). Eine solche entsteht, wenn ein Gletscher ein Seebecken quert und dabei im Wasser aufschwimmt. Dabei wird der im basalen Teil des Gletschers angereicherte Schutt inklusive Feinmaterial durch das Abschmelzen des Eises von unten her freigesetzt und gelangt auf den Seegrund. Im angrenzenden Aaretal werden analoge Ablagerungen als Schlammmoräne (BECK 1938, SCHLÜCHTER 1976) bezeichnet oder der «Altmoräne» zugeschlagen (GERBER 1927 u.a.). Bei schlechten Aufschlussverhältnissen ist eine Unterscheidung zwischen «Altmoräne» und Seetonen zuweilen sehr schwierig.

In der Grube der Ziegelei Rehlag waren lokal wiederholt Lagen von Dropstones (Fig. 3b) sichtbar. Diese Ablagerungen repräsentieren daher mindestens teilweise eine Gletscherseemoräne.

In den von GASSER et al. (1964) beschriebenen temporären Aufschlüssen bei der Monbijoubrücke (Koord. 600.525/198.750) wurde neben Geröll führenden Fein- bis Grobsanden auch echte, siltig-tonige Grundmoräne (q_{3m}) angetroffen.

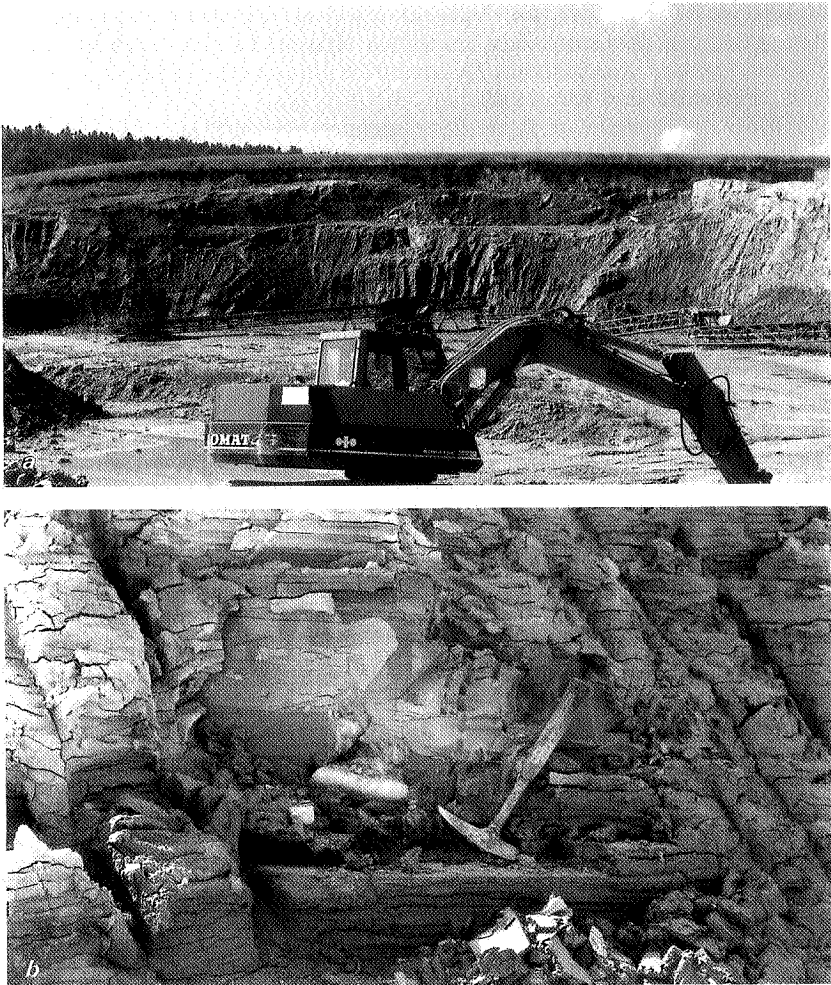


Fig. 3: Glaziolakustrische Ablagerungen in der Grube der Ziegelei Rehhag, Bümpliz.
 a) Überblick; b) Dropstone aus Kristallingestein in tonigem Silt. Fotos S. Vallin, 2003.

Bis anhin fehlen Fossilfunde und Pollenanalysen, die eine Datierung erlauben würden. GASSER et al. (1964) haben jedoch an mm-grossen Partikeln einer in den Sanden eingeschlossenen Kohlelinse ^{14}C -Analysen durchgeführt, die ein Alter von >45000 Jahren ergaben. Zwei weitere ^{14}C -Datierungen wurden an zwei aus der Grube der Ziegelei Rehhag stammenden inkohlten Holzproben durchgeführt. Diese Bestimmungen ergaben Alter von >39500 Jahren bzw. 14660 ± 190 Jahren. Das jüngere der beiden Alter würde auf eine Bildung am Ende der Letzten Vergletscherung hindeuten und bedarf unbedingt noch einer Verifizierung; es scheint zweifelhaft. Bis auf Weiteres wird von einem vorletzteiszeitlichen Alter ausgegangen, da diese Ablagerungen die Forst-Schotter unterlagern und auch in der Grube der Ziegelei Rehhag von «Altmoräne» (glazial deformierte, z.T. schräg geschichtete Sande) und glaciaz gestauchten Schottern (Karlsruhe-Schotter) überlagert sind. Die in Baugruben häufig beobachteten glaciaztektonischen Störungen, Stauchungen, unregelmässigen Verfaltungen und Winkeldiskordanzen zu überlagernden letzteiszeitlichen Schottern sowie die starke glaziale Vorbelastung sind ebenfalls Indizien für ein prä-letzteiszeitliches Alter dieser glaziolaustrischen Ablagerungen (STAEGER 1988b). Ein in der Kiesgrube bei Oberwangen vorübergehend aufgeschlossener Paläoboden innerhalb der überlagernden Forst-Schotter wurde von C. Schlüchter (in NATURAQUA 1997) als interglaziale Bildung interpretiert. Damit wird den Seetonen und der Gletscherseemoräne ein prä-Eem-Alter (Vorletzte Vergletscherung [«Riss» nach herkömmlicher stratigraphischer Nomenklatur] oder älter) zugewiesen. Wird dieser Paläoboden und die damit verbundene ausgewaschene Grobblocklage hingegen als interstadiale Bildung interpretiert, so könnten die Seetone mindestens teilweise auch letzteiszeitlich gebildet worden sein.

Wie aus der geologischen Karte von GERBER (1927) und der Profilserie von KELLERHALS & ISLER (1983) hervorgeht, kann die im Berner Stadtgebiet auftretende Gletscherseemoräne mit der Raintal-Schlammoräne am Aarehang nordwestlich von Kleinhöchstetten und an der «klassischen» Lokalität Thungschneit-Räbeli (SCHLÜCHTER 1976) korreliert werden. Die Schlammoräne im Profil Thungschneit-Räbeli schliesst gegen oben mit einer Grobblocklage ab, die von fossilführenden Seetonen überlagert ist. ^{14}C -Datierungen an darin enthaltenen gepressten Baumstämmen ergaben Alter von >44000 Jahren vor heute. Eine an Proben aus den Seetonen durchgeführte Pollenanalyse zeigt das Bild einer spätglazialen bis frühinterglazialen Vegetationsentwicklung im Hangenden der Blocklage (WELTEN 1982). Diese Schlammoräne ist demnach bei einem prä-letzteiszeitlichen Gletscherrückzug abgelagert worden, wobei die Grobblocklage die ausgewaschene Obermoräne repräsentiert. Diese Zuordnung (Vorletzte Vergletscherung oder älter) steht in Einklang mit den Beobachtungen im Stadtgebiet.

q_{3m} Moräne der Vorletzten Vergletscherung
 («Altmoräne» auct.)

Die mehrheitlich der Vorletzten Vergletscherung («Riss» nach herkömmlicher stratigraphischer Nomenklatur), z.T. aber auch der frühen Letzten Vergletscherung (GERBER 1927, BECK & RUTSCH 1949, GASSER et al. 1964 u.a.) zugewiesene, möglicherweise z.T. aber bedeutend ältere «Altmoräne» besteht aus mehr oder weniger verschwemmtem, z.T. sandig-kiesigem Moränenmaterial, das intensiv mit glaziolakustrischen Ablagerungen verzahnt ist. Generell lassen sich die folgenden zwei lithologischen Ausbildungen unterscheiden:

- Graue, siltig-sandige Grundmoräne («Grundmoränenlehm») mit gekritzten und polierten Geröllen sowie einigen wenigen Blöcken. Diese Grundmoräne ist hart gelagert und meist ohne sichtbare Schichtung.
- Zum Teil schräg geschichtete, mehr oder weniger tonige und kalkig-tonige Sande mit Geröllschnüren oder geringmächtigen Schotterzwischenlagen. Die Gerölle sind ebenfalls teilweise gekritz.

Lokal lassen sich glazialtektonische Störungen und Stauchungen beobachten. Vermutlich sind mehrere, verschiedenaltige, lithologisch aber ähnliche «Altmoränen» vorhanden. Das Liegende bilden die Molasse oder Seetone (q_{3SL}), das Hangende die Forst- und die Karlsruhe-Schotter oder aber letzteiszeitliche Moräne und spätletzteiszeitliche «Felderschotter».

Die beobachteten Mächtigkeiten variieren zwischen wenigen Metern und ca. 45 m. Sehr mächtig entwickelt ist die «Altmoräne» im Gebiet der Felsenau, wo möglicherweise ein stark verschwemmter und überprägter Endmoränenwall vorliegt. Die Moräne ist mit Sicherheit älter als diejenige des Hauptvorstosses der Letzten Vergletscherung und im Normalfall durch die Forst- oder die Karlsruhe-Schotter von ihr getrennt. Eine ¹⁴C-Bestimmung an einer bei der ARA Neubrück in dieser Moräne gefundenen Holzprobe (LÜTHY et al. 1963) ergab ein Alter von >40000 Jahren vor heute (entspricht der damaligen Messgrenze der ¹⁴C-Methode). Pollenproben, die knapp unterhalb der Basis der überlagernden Karlsruhe-Schotter entnommen wurden, belegen ein kühl-montanes Klima, wie es für den Übergang in ein Interglazial oder das Ende eines solchen typisch ist. Die Moräne könnte demnach in der frühen Letzten Vergletscherung (RUTSCH 1947 u.a.), am Ende der Vorletzten Vergletscherung oder gar noch früher abgelagert worden sein. Aufgrund der gesamten Abfolge scheint eine Zuordnung zur ausklingenden Vorletzten Vergletscherung am zutreffendsten. Lokal sind eventuell noch ältere Reste erhalten geblieben.

Gute, zugängliche Aufschlüsse finden sich u.a. nördlich des Thormebodenwaldes (Koord. ca. 601.500/202.800), wo glazial gestauchte lakustrische Ablagerungen aufgeschlossen sind, sowie längs des Weges von der Bushaltestelle Fährstrasse (unterhalb von Bremgarten) zum Zehndermätteli, wo der Kontakt zwischen

Fig. 4: «Altmoräne»-Aufschluss am Fussweg Felsenau-Zehndermätteli (Aareschlaufe nördlich von Bern). Foto A. Isler, 2004.



«Altmoräne» und der Unteren Süsswassermolasse bzw. den Karlsruhe-Schottern in mehreren Hanganschnitten einsehbar ist (Fig. 4).

Plateauschotter s.l.

Unter den Begriff Plateauschotter werden auf Blatt Bern alle im Zwischenbereich der Gletscherzungen des Aare- und des Rhonegletschers geschütteten, von letzteiszeitlicher Moräne bedeckten Schotter zusammengefasst. Die Plateauschotter liegen teils als ausgedehnte deckenförmige Fluren, teils aber auch als vergleichsweise hochgelegene, eng begrenzte Vorkommen sowie als Rinnenfüllungen vor (NUSSBAUM 1920, 1934). Ursprünglich bildeten sie ausgedehnte, lokal

bis auf 630 m ü.M. hinaufreichende Schotterfluren, die nach ihrer Ablagerung zunehmend von Fluss- und Bachläufen durchschnitten wurden.

Aufgrund des direkten regionalen Zusammenhanges und eines einheitlichen, typischen Erscheinungsbildes wurden auf der Karte folgende drei Einheiten speziell ausgeschieden:

- Rinnenschotter (Vorletzte Vergletscherung)
- Forst-Schotter (BECK 1938, GERBER 1950 u.a.) (Vorletzte und Letzte Vergletscherung)
- Karlsruhe-Schotter (bzw. «Ältere Aaretalschotter»; BALTZER 1896, GERBER 1915, NUSSBAUM 1934, BECK 1938 u.a.) (Letzte Vergletscherung)

Schotter gleicher litho- bzw. morphostratigraphischer Stellung, aber ohne direkten Bezug zu den genannten drei Einheiten, werden als «nicht differenzierte Plateauschotter» bezeichnet.

q_r Rinnenschotter

Beiderseits des Wohlensees wurden an mehreren Stellen reliktsche, z.T. moränenbedeckte Schottervorkommen festgestellt, die aufgrund der lokal beobachteten rinnenförmigen Querschnitte sowie der Ost-West orientierten Schüttungsrichtungen als Rinnenschotter zusammengefasst wurden. Die stellenweise verkiteten Schotter führen reichlich Sand und zahlreiche Ton- und Siltlinsen. Sie sind mittel- bis grobkörnig und führen bis 1 m grosse Blöcke. Das Geröllspektrum wird von Sedimentgesteinen dominiert, Kristallingesteine treten nur untergeordnet auf. Die auffälligen bunten Granite sind meist stark vergrust. Schrägschichtung, kleine Rinnenstrukturen sowie dachziegelartig eingeregelter Gerölle sind häufig zu beobachten.

Im Hangenden der Rinnenschotter sind lokal tonig-siltige Stausedimente (**q_{3-4st}**) ausgebildet (z.B. am Unteren Bannhubel, Koord. 588.075/203.125). Fehlen solche, so werden die Rinnenschotter direkt von Moräne der Letzten Vergletscherung überlagert. Gemäss NUSSBAUM (1934) sind die Vorkommen am westlichen Ende des Wohlensees (Schürhubel, Talmatt, Grossholz) von Rhonegletschermoräne überdeckt.

Es sind drei Rinnen vorhanden, die alle mehr oder weniger parallel zum heutigen Aarelauf bzw. Wohlensee verlaufen. Die eine zieht vom Hubel bei Riedbach über die Oberei und endet im Müliholz im steilen Westhang des Saanetals. Die Sohle dieser Rinne liegt hier mindestens 60 m höher als der heutige Saanelauf. Eine zweite verläuft über Steinisweg zur Eimatt und weiter via Salvisberg und Kunkelried quer über das Saanetal zum Grossholz. Ein weiterer kleiner, isolierter, auf gleicher Höhe liegender Aufschluss befindet sich nordöstlich von Golaaten. Eine dritte Rinne folgt im Abschnitt zwischen dem Elektrizitätswerk Mühle-



Fig. 5: Rinnenschotter. Grübchen bei Salvisberg. Foto A. Isler, 2004.

berg und der Einmündung der Saane direkt dem Aarelauf. Während die Sohle der ersten beiden Rinnen deutlich über dem heutigen Niveau der Aare liegt, verläuft diejenige der dritten mehrere Meter darunter. Südwestlich von Wohlen sind entsprechende Schotter auf dem Niveau des Wohlensees vorhanden. Die erwähnten Rinnenschotter stellen möglicherweise in ihrer Gesamtheit die Erosionsrelikte einer einzigen grossen Rinnenfüllung dar, die das Gebiet des heutigen Wohlensees bis auf eine Höhe von ca. 600 m ü.M. eindeckte.

Die besten heute noch vorhandenen Aufschlüsse befinden sich in der Kiesgrube am Schürhubel (Koord. 588.830/202.370), am Strässchen oberhalb der Talmatt sowie im Bachtobel und in einem Grübchen westlich von Salvisberg (Koord. 587.600/202.900, Fig. 5).

Ebenfalls zu den Rinnenschottern wird die Schotterfüllung des Gurtentäli gestellt (s. Taf. I).

Das Alter der Bildung und der Aufschotterung der Rinnen ist ungewiss. Da Fossilfunde bis heute fehlen, bildet die überlagernde letzteiszeitliche Moräne den einzigen altersmässigen Fixpunkt. Damit ist zumindest bewiesen, dass diese Rinnen vor dem letzten Gletschervorstoss angelegt und verfüllt wurden. Obwohl ein letzteiszeitliches Alter nicht ausgeschlossen werden kann, wird den vorliegenden Rinnenschottern generell ein vorletzteiszeitliches bis früheemzeitliches Alter

zugewiesen. Es dürfte sich am ehesten um (Rückzugs-)Schotter der ausklingenden Vorletzten Vergletscherung bzw. des frühen Eem handeln.

RUTSCH (1967) beschreibt aus dem Gebiet von Atlasblatt 26 Schwarzenburg mehrere vergleichbare Rinnen (z.B. Sense, Scherligrabe) und bringt deren West-Ost-Orientierung mit dem in derselben Richtung erfolgten Vorstoss des Rhonegletschers bzw. dessen in entgegengesetzter Richtung verlaufenen Rückzug in Zusammenhang. Die Süd-Nord oder Südwest-Nordost orientierten Talabschnitte sind teilweise jünger. So kann vermutet werden, dass das Saanetal zwischen Laupen und Golaten erst während der Letzten Vergletscherung angelegt worden ist, da die Molasseoberfläche hier durchwegs in geringer Tiefe liegt. Im vermutlich älteren, Ost-West gerichteten Aarelauf zwischen Wohlen und dem Zusammenfluss mit der Saane ist dagegen eine bedeutende Übertiefung nachgewiesen (z.B. Bohrung in Hinterkappelen bei Koord. 594.990/201.440). Die Talung des heutigen Wohlensees dürfte die Fortsetzung des südlich von Bern beginnenden Aaretal-Troges darstellen und mit ihm via Marzili-Bremgartenwald-Hinterkappelen zusammenhängen (ARBENZ 1919, NUSSBAUM 1922a, KELLERHALS & ISLER 1983). Es scheint daher nicht ausgeschlossen, dass die mit der Sense vereinigte Saane und die Aare in den prä-letzteiszeitlichen Interglazialen unabhängig voneinander zur Jurasenke hin flossen.

q_{3-4st} Stausedimente: Feinsande bis siltige Tone

Im Hangenden der Rinnenschotter sind an mehreren Stellen fein geschichtete, meist grau gefärbte, mehr oder weniger siltige Tone bis Feinsande aufgeschlossen. Diese Stillwasserablagerungen sind von letzteiszeitlicher Moräne überlagert. Ihr Vorkommen beschränkt sich auf die Rinne Steinisweg-Eimatt-Salvisberg-Kunkelried.

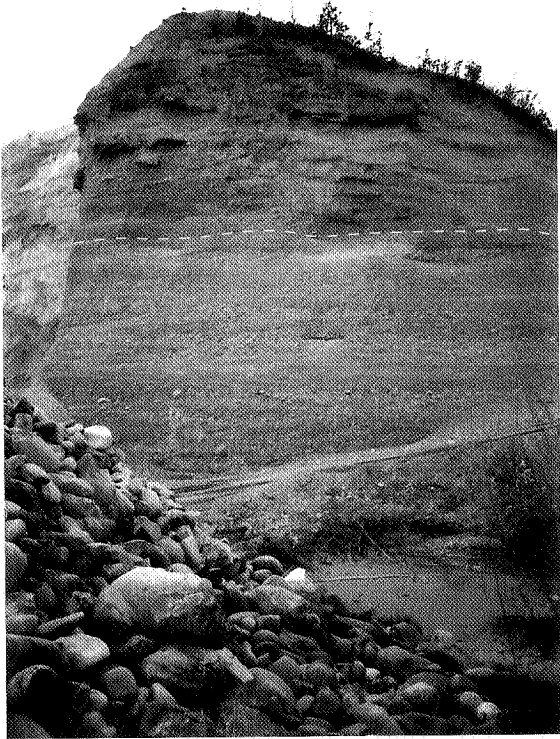
Bis heute sind in diesen Stausedimenten weder Pollenanalysen durchgeführt noch andere Fossilien gefunden worden. Aufgrund der stratigraphischen Stellung im Liegenden von letzteiszeitlicher Moräne wird für diese Ablagerungen ein eemzeitliches oder allenfalls würminterstadiales Alter vermutet.

q_F Forst-Schotter

Die Forst-Schotter treten im Gebiet des Forsts auf, des ausgedehnten Waldes im Südwesten von Bern, und sind in mehreren Gruben gut erschlossen. Es handelt sich um stark sandige, in der Regel fein- bis mittelkörnige Kiese, deren Gerölle häufig von feinen Tonhäutchen überzogen sind. Gemäss NUSSBAUM (1934) stammen die meisten Komponenten aus dem Einzugsgebiet des Aaregletschers. Neuere Untersuchungen von C. Schlüchter (in NATURAQUA 1997, S. 80)

Fig. 6: Forst-Schotter in der Kiesgrube am Oberwangenhubel. Unterhalb der Linie: untere Forst-Schotter, grau, mehr oder weniger sauber; oberhalb der Linie: obere Forst-Schotter, bräunlich, z.T. verkittet (entsprechen den Karlsruhe-Schottern).

Foto A. Isler, 2004.



weisen in die gleiche Richtung. Der Anteil an Kristallinkomponenten ist meist kleiner als 10%.

Im Aufschluss zeigen die Schotter oft eine ausgeprägte Schichtung und zuweilen glazialtektonische Stauchungen. Im vorderen Teil der Grube Messerli am Oberwangenhubel war lange Zeit über einer relativ feinkörnigen, mehr oder weniger gut ausgewaschenen, gut sortierten unteren Abfolge lokal eine markante Grobblocklage und darüber ein oberer, deutlich schlechter sortierter Schotterkörper mit zahlreichen Steinen und Blöcken zu beobachten (vgl. Fig. 6). 1995 war in dieser Grube vorübergehend auch ein mit dieser Grobblocklage vergesellschafteter, rund 6 m mächtiger Paläoboden aufgeschlossen. Gemäss C. Schlüchter (in NATURAQUA 1997) verkörpert dieser Bodenhorizont eine oder gar zwei Warmzeiten. Der untere Teil der Forst-Schotter wird daher der Vorletzten Vergletscherung («Riss» nach herkömmlicher stratigraphischer Nomenklatur), der obere Teil der

Letzten Vergletscherung zugeordnet. Deutet man dagegen den Paläoboden lediglich als Produkt des mehrere 10000 Jahre dauernden Interstadials vor dem Hauptvorstoss der Letzten Vergletscherung (Fig. 2), so könnte dem unteren Teil der Forst-Schotter auch ein frühletzteiszeitliches Alter zugewiesen werden. Der momentane Kenntnisstand erlaubt noch keine gesicherte Alterseinstufung, und auch die Frage der Korrelation mit den Karlsruhe-Schottern kann noch nicht abschliessend beantwortet werden, da bis anhin keine Fossilfunde bekannt geworden sind.

Der Karte liegt die folgende, vorläufige Interpretation zugrunde: Die unteren, relativ sauberen und gut sortierten Schotter werden als Sander und Eisrand-schotter der Vorletzten Vergletscherung gedeutet. Die Bildungen des Eem lagen entweder als interglaziale Schotter (z.B. q_r), Stausedimente (q_{3-4st}) oder als Paläoboden vor und wurden beim ersten Vorstoss der Gletscher zu Beginn der Letzten Vergletscherung grösstenteils erodiert. Lokal erhalten gebliebene Reste einer Grobblocklage, die als ausgewaschene Grund- und Obermoräne gedeutet wird, bilden im Gebiet von Blatt Bern die einzigen Zeugnisse dieses frühletzteiszeitlichen Vorstosses. Die oberen, schlechter sortierten Schotter werden als Vorstoss-schotter des letzteiszeitlichen Hauptvorstosses gedeutet, die von der allgegenwärtigen Deckmoräne teilweise diskordant überlagert werden.

Innerhalb der in der Kiesgrube Halewald bei Bütschwil (Koord. ca. 595.500/208.850, Atlasblatt 76 Lyss) aufgeschlossenen Plateauschotter ist eine gleichartige trennende Blocklage mit teilweise kubikmetergrossen Findlingen vorhanden (KELLERHALS & TRÖHLER 1976). Eine zum Forst weitgehend analoge Schichtfolge findet sich ferner in der Gegend von Mattstetten-Hindelbank (NUSSBAUM 1927, WANNER 1980), rund 6 km nordöstlich des Gebietes von Blatt Bern. Es handelt sich auch hier um praktisch reine Aareschüttungen. Die von GERBER (1950) erwähnten wenigen Gerölle aus Vallorcine-Konglomerat dürften umgelagert worden sein. WANNER (1980) stuft hier aber entgegen obiger Interpretation die unteren Schotter als Vorstoss-schotter der frühen Letzten Vergletscherung ein.

Da in den Schottern und in der Grobblocklage der Kiesgruben bei Oberwangen, bei Bütschwil und bei Hindelbank praktisch keine Rhonegerölle zu beobachten sind und in der Grube der Ziegelei Rehhag in der «Altmoräne» ein aus der Gegend von Mitholz im Kandertal stammender, typisch gebänderter Kieselkalkerratiker (Fig. 7) vorhanden ist, sind diese Sedimente mit dem Aaregletscher in Verbindung zu bringen. Dieser ist, wie die erwähnten Grobblocklagen bzw. Moränenrelikte belegen, vor dem letzteiszeitlichen Hauptvorstoss zeitweise mindestens bis auf eine Linie Oberwangen-Bütschwil-Mattstetten-Hindelbank vorgestossen.

Neben dem von C. Schlüchter (in NATURAQUA 1997) rapportierten, heute nicht mehr sichtbaren, als Eem (oder älter) eingestuften Paläoboden bei Oberwangen ist im Gebiet von Blatt Bern das Eem nur in drei südlich von Meikirch abgetieften Bohrungen direkt nachgewiesen worden (WELTEN 1982, 1988).



Fig. 7: Erratiker aus gebändertem Kieselkalk, durch den Aaregletscher aus dem Kandertal herantransportiert. «Altmoräne», Grube der Ziegelei Rehhag, Bümpliz. Foto A. Isler, 2004.

Am aufschlussreichsten ist wohl die 1981 abgetiefte wissenschaftliche Kernbohrung (Koord. 594.800/205.860), die das folgende Profil aufwies (Alter gemäss Pollenanalyse; Nomenklatur nach WELTEN 1988; Anmerkungen in eckigen Klammern):

0– 39,25 m	Meist grobe, würmglaziale (s.l.) Ablagerungen mit <i>Picea</i> -reichen Lehmen bei 14,60–14,80 m und 18,90–20 m. [<i>Neben der abdeckenden Grundmoräne ist möglicherweise zwischen 25 und 33 m eine weitere Grundmoränenlage vorhanden.</i> ¹⁾]
39,25– 44,30 m	Eemzeitliche Seetone mit primärem und sekundärem [<i>eingeschwemmtem</i>] Polleninhalt
44,30– 56,30 m	Risszeitliche Seetone
56,30– 57,14 m	Seetone aus Holstein 2 [<i>H₂ sensu Welten</i>]
57,14– 57,90 m	Kaltzeitliche Phase H ₁ /H ₂ (Seetone) [<i>kaltzeitliche Zwischenphase im «Mindel»-«Riss»-Interglazial</i>]
57,90– 66,00 m	Seetone aus Holstein 1 [<i>H₁ sensu Welten</i>]
66,00– 74,00 m	Mindelspätglazialer Seeton (<i>Pinus</i> -Wald)
74,00–112,00 m	Mindelfrühspätglazialer Seeton (<i>Artemisia</i> und <i>Ephedra</i>)

¹⁾ WELTEN (1988, S.11)

Mit Ausnahme der Deckmoräne führte die ganze Bohrung keine Rhone-Leitgerölle. Die gemäss WELTEN (1982, 1988) in einer Mulde bzw. Rinne zur Ablagerung gelangten eemzeitlichen Sedimente massen lediglich rund 5 m und waren an den Kontakten stark gestört und teilweise umgelagert.

Das vorliegende Bohrprofil wird hier genetisch wie folgt interpretiert:

- *Ende der Vorletzten Vergletscherung*: Ablagerung der unteren Plateauschotter auf alten Seetonen («Riss» und «Mindel» sensu PENCK & BRÜCKNER 1901–1909). Diese gelangten in einem vorgängig gebildeten, d.h. noch älteren Trog zu Ablagerung.
- *Beginn des Eem-Interglazials*: Eintiefung der Meikirchner Mulde (Tiefe ca. 5–20 m). Die überlagernden Schotter werden erodiert, bleiben aber im Gebiet nördlich von Meikirch (Bütschwil) noch erhalten. Füllung der Mulde mit eemzeitlichen Seetonen.
- *Frühe Letzte Vergletscherung («Würm I»)*: Vorstoss und Rückzug des frühletzteiszeitlichen Aaregletschers. Die Vorstossschotter und grosse Teile der eemzeitlichen Seetone werden durch den Gletscher ausgeräumt oder durch Schmelzwässer ausgewaschen. In der Mulde von Meikirch bleiben sie erhalten.
- *Späte Letzte Vergletscherung («Würm II»)*: Eindeckung des ganzen Gebietes mit Vorstossschottern des letzteiszeitlichen Aaregletschers (Hauptvorstoss). Anschliessend Ablagerung der Deckmoräne.

Anlässlich einer Tagung der Arbeitsgruppe Alpenvorland-Quartär (AGAQ) im Frühling 2004 wurde das Eem-Alter der Seetone im Abschnitt zwischen 39,25 und 44,30 m in Frage gestellt. Aufgrund von Lumineszenzdatierungen vermutet F. Preusser (in PREUSSER & SCHLÜCHTER 2004a) neu ein prä-vorletzteiszeitliches Alter (rund 260 000–190 000 Jahre vor heute) dieser Ablagerungen.

Die Forst-Schotter überlagern entweder direkt Sandsteine und Mergel der Unteren Süsswassermolasse oder liegen auf «Altmoräne» bzw. glaziolakustrischen Ablagerungen (Gletscherseemoräne). Die ausgedehnte Deckmoräne der Letzten Vergletscherung bildet in der Regel das Hangende. Die Mächtigkeit des gesamten Schotterkomplexes beträgt bis zu 30 m.

Gute Aufschlüsse finden sich vor allem in den Gruben bei Oberwangen (Koord. 593.500/195.925, Fig. 8) und bei Bramberg (Koord. 587.500/195.400) sowie, allerdings bereits etwas überwachsen, längs eines Forstwegs beim Pfaffensteig (Koord. 597.000/198.450) gegenüber der Bahnstation Bümpliz-Süd.

In zwei kleinen aufgelassenen Steinbrüchen im Geissgraben (Koord. 590.000/197.700), wo Sandsteine der Gümnen-Schichten abgebaut wurden, sind die Forst-Schotter als Deckschichten aufgeschlossen (auf der Karte sind hier fälschlicherweise die Gümnen-Schichten mit Index, Farbe und Signatur der Forst-Schotter angegeben).



Fig. 8: Forst-Schotter und Deckmoräne der Letzten Vergletscherung in der Kiesgrube am Oberwangenhubel. Foto A. Isler, 2004.

LETZTE VERGLETSCHERUNG (WÜRM)

q_k **Karlsruhe-Schotter**

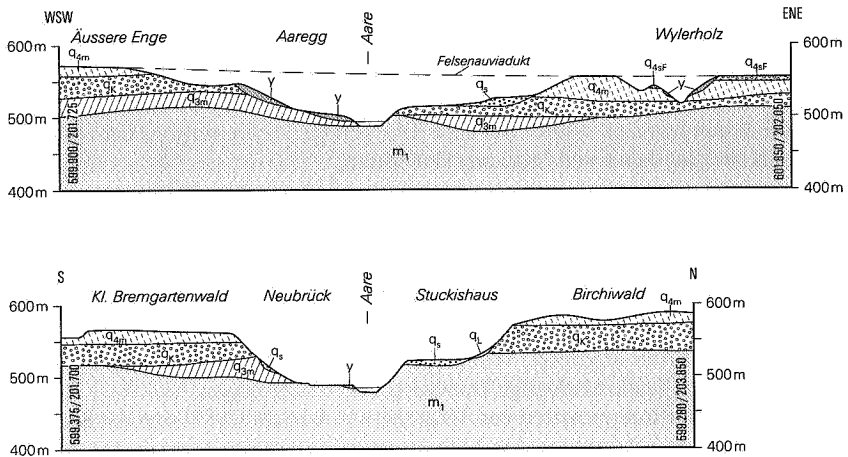
Diese bereits von BACHMANN (1873) und BALTZER (1896) erwähnten Schotter setzen an ihrer Typuslokalität, der am Rande des Kleinen Bremgartenwaldes gelegenen Karlsruhe¹⁾ (Koord. 599.860/201.770, Fig. 9), unten mit einer rund 2 m mächtigen Grobblocklage ein. Die darüber liegenden Kiese enthalten ebenfalls sehr häufig bis 20 cm grosse Gerölle sowie sandige Zwischenlagen. Gekritzte Geschiebe sind selten. Charakteristisch ist eine durch Kalzitüberkrustungen hervorgerufene, mehr oder weniger starke Verkittung, die einzelne Partien stark herauswittern lässt und ihnen den Habitus einer «löcherigen Nagelfluh» verleiht und zudem zur Bildung steilwandiger Aufschlüsse längs der Aare nördlich von Bern geführt hat. Gemäss GERBER (1953) dominieren Flyschsandsteine, Kieselkalke und aus der bunten Nagelfluh stammende Komponenten das Geröllspektrum. Betreffend ihrer Herkunft bestehen kontroverse Meinungen. So betont GERBER (1953), dass die Gerölle hauptsächlich aus dem Anstehenden und aus

¹⁾ Der Name erscheint nicht auf der Landeskarte der Schweiz 1:25000.



Fig. 9: Karlsruhe-Schotter
nahe der Typlokalität.
Foto A. Isler, 2004.

dem Erratum des Kantons Freiburg stammen, während es sich für BALTZER (1896), GERBER (1915), NUSSBAUM (1934) u.a. um fluvioglaziale Vorstossschotter des Aaregletschers handelt. Die Karlsruhe-Schotter wurden sowohl als Vorstoss- (NUSSBAUM 1934, HANTKE 1980) als auch als Rückzugsschotter (BECK 1938, GERBER 1950) interpretiert. Die deutlich ausgebildete «Basisgroblage», die lokal zu beobachtende Zunahme der Komponentengrösse gegen oben (z.B. in den ehemaligen, heute wieder aufgefüllten Kiesgruben bei Reichenbach und bei Bremgarten [Chutzengrube]) sowie die Beimischung von eckigen und kantengerundeten Komponenten favorisieren die Interpretation als Vorstossschotter. Das generell grobe Korn sowie die Verkittung deuten auf eine gletschernähe Ablagerung hin.



Quartär

y	Künstliche Aufschüttung, Deponie
q_l	Hanglehne
q_s	Spät- bis postglaziale Aareschotter
q_{4sf}	«Felderschotter»: Rückzugsschotter der Letzten Vergletscherung
q_{4m}	Moräne der Letzten Vergletscherung
q_k	Karlsruhe-Schotter: Vorstössschotter der Letzten Vergletscherung
q_{3m}	«Altmoräne»: Moräne der Vorletzten Vergletscherung

Tertiär

m_1	Gümmenen-Schichten (Untere Süsswassermolasse)
-------	---

Fig. 10: Profile (2-fach überhöht) durch das Aaretal nördlich von Bern. Oben: entlang dem Felsenauviadukt (Autobahn A1); unten: im Bereich ARA Neubrück – Stuckishaus. Profile: R. Burkhalter.

Im Liegenden der Karlsruhe-Schotter ist Untere Süsswassermolasse oder «Altmoräne» vorhanden. Das Hangende bildet meist die letzteiszeitliche Moränendecke (Fig. 10). Der von STAEGER (1988b, S. 32) an der Basis der überdeckenden Moräne beobachtete und als interglaziale Bodenbildung interpretierte limonitische Bodenhorizont scheint nur eine sehr geringe Verbreitung zu haben; er ist nicht datiert und daher von fraglicher Bedeutung.

In den im Viererfeld längs der Autobahn A1 abgetieften Bohrungen weisen die Karlsruhe-Schotter eine durchschnittliche Mächtigkeit von 30 m auf und oberhalb von Bremgarten 40–50 m. An zahlreichen andern Orten sind sie allerdings nur um 20 m mächtig.

Fossilfunde sind in den ehemaligen Kiesgruben bei Reichenbach, Bremgarten sowie südöstlich der Halenbrücke gemacht worden (GERBER 1953). Sie umfassen Reste von Mammut, Wildpferd, Rind und Wollhaarnashorn. Die Funde lassen jedoch keine eindeutige Datierung der Ablagerungen zu.

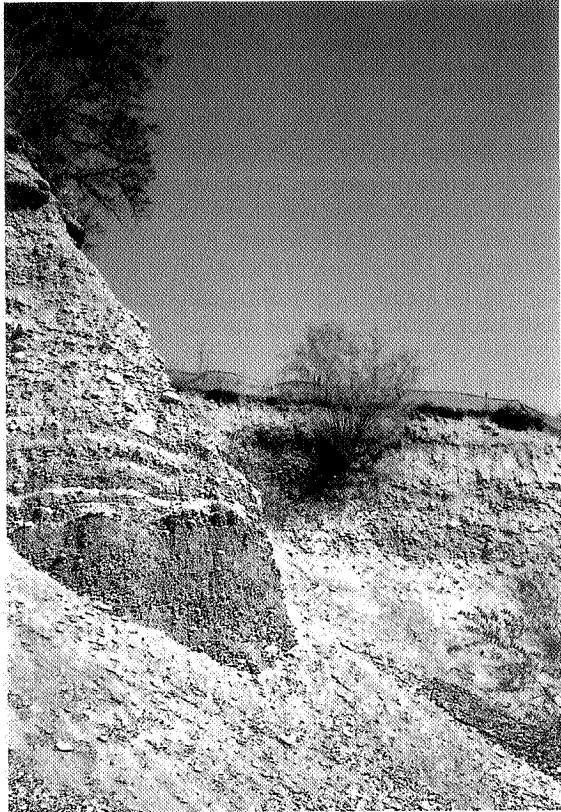
Gemäss der Interpretation von KELLERHALS & ISLER (1983) sind die Karlsruhe- und die Forst-Schotter mit den Münsingen-Schottern des Aaretals zu korrelieren. Mindestens der obere Teil der Münsingen-Schotter hat ein letzteiszeitliches Alter (PREUSSER & SCHLÜCHTER 2004b). Dementsprechend werden die Karlsruhe-Schotter auf Blatt Bern ebenfalls der Letzten Vergletscherung zugewiesen und als Vorstossschotter des letzteiszeitlichen Hauptvorstosses des Aaregletschers gedeutet. Möglicherweise verkörpert die basale Grobblocklage der Karlsruhe-Schotter Reste eines frühletzteiszeitlichen Vorstosses, doch ist bis heute kein Trennhorizont gefunden worden, der diese Annahme bestätigen würde. In der südöstlich des Gebietes von Blatt Bern gelegenen Kiesgrube Thalgut bei Gerzensee lassen sich die oberen Münsingen-Schotter (sensu SCHLÜCHTER 1976) lokal aber anhand einer ausgeprägten Erosionsdiskordanz und eines unterschiedlichen Verwitterungsgrades zweiteilen.

Neben den unmittelbar mit der Typlokalität zusammenhängenden Vorkommen finden sich lithologisch ähnliche Schotter in der Gegend von Worblaufen, zwischen Kirchlindach und Zollikofen sowie reliktsch am südlichen Ende des Autobahnviadukts Weyermannshaus, am Pfaffensteig bei der Station Bümpliz-Süd sowie auf der Ostseite der Grube der Ziegelei Rehhag (Fig. 11), wo die Schotter lokal von Osten nach Westen aufgestaucht wurden.

q_{4s}P Plateauschotter, nicht differenziert

Vorkommen von Plateauschottern, deren Zuordnung Schwierigkeiten bereitete, wurden unter dem generellen Begriff Plateauschotter belassen, so z.B. die örtlich begrenzten Vorkommen nördlich von Zollikofen und in der Umgebung von Murzelen.

Fig. 11: Karlsruhe-Schotter im östlichen Teil der Grube der Ziegelei Rehhag, Bümp-liz.
Foto A. Isler, 2004.



q_{4m} Moräne der Letzten Vergletscherung

Die ausschliesslich aus Aarematerial bestehenden Plateauschotter und die damit assoziierten Grundmoränen- und Grobblockeinschaltungen belegen, dass der Aaregletscher zeitweise weit über die Stadt Bern hinaus vorgedrungen sein muss (NUSSBAUM 1908ff., ZIENERT 1979, STAEGER 1988b). Wie WELTEN (1982, 1988) anhand umfangreicher Pollen- und Vegetationsanalysen zeigte, war das Gebiet von Blatt Bern im Eem von dichten Wäldern bedeckt. Mit Beginn der Letzten Vergletscherung (Frühwürm) kam es zu einem starken Temperaturrückgang und einer Absenkung der Waldgrenze um mindestens 1000 m. Die Abkühlung manifestierte sich auch durch das Verschwinden anspruchsvoller Laubgehölze auf Kosten von Pflanzen der Kältesteppe und der Tundra. Dabei kam es wohl zu

(mindestens) einem Vorstoss der Alpengletscher ins Vorland (Würm-I-Vorstoss, BECK 1932 u.a.). Die über lange Zeit fast baumlose Flachmoorlandschaft des anschliessenden Mittelwürms (ab ca. 55000 Jahre vor heute) war wiederum eisfrei (WELTEN 1982).

Die Ausdehnung dieses zu Beginn der Letzten Vergletscherung erfolgten Gletschervorstosses ist im Raum Bern bislang nur schlecht dokumentiert. Entgegen BECK (1932) u.a. muss davon ausgegangen werden, dass dieser frühe Vorstoss eine geringere Ausdehnung besass als der spätletzteiszeitliche Hauptvorstoss, bei dem der Rhonegletscher bis nach Wangen a.A. vorstiess. Ein von IVY-ÖCHS (1996) bestimmtes Expositionsalter eines Findlings des entsprechenden Endmoränenkranzes bei Steinhof (SO) zeigte nämlich, dass dieses Maximum um ca. 20000 ± 1800 Jahre vor heute erreicht wurde.

Es kann davon ausgegangen werden, dass der Aaregletscher das Gebiet nördlich von Bern jeweils schneller erreichte als der im Mittelland viel träger reagierende Rhonegletscher. Beim ersten Vorstoss rückte er vermutlich bis in die Gegend von Meikirch vor. Anschliessend zog er sich in der so genannten Spiezer Schwankung (BECK 1932, SCHLÜCHTER 1976) wieder in den Alpenraum zurück. Zu Beginn des Hauptvorstosses dürfte er sich vorerst wiederum ungehindert vom Rhonegletscher bis in die Gegend des Kraftwerks Mühleberg im Westen und Hindelbank im Osten ausgedehnt haben (s. Nebenkarte «Geologische Übersicht 1:200000»). Gemäss STAEGER (1988b) ist dies aufgrund der in diesem Gebiet ausgebildeten Drumlinfelder klar erkennbar. Die von STAEGER (1988b) hauptsächlich anhand von Luftfotos durchgeführte und auf Blatt Bern übernommene Unterscheidung zwischen Drumlins des maximalen Vorstosses des Aaregletschers einerseits und Moränenwällen des Rhonegletscherrückzuges anderseits bleibt allerdings diskutabel (vgl. WAGNER 1997, 2001), da die Moränenwälle des Rhonegletschers im Gebiet von Blatt Bern häufig nicht aus typischem unsortiertem Moränenmaterial, sondern aus schotterreicher Moräne bestehen. Damit ist aber eine sichere Unterscheidung zwischen Drumlin im Sinne von HEIM (1919) und Moränenwallrest oft nicht möglich, besonders dann, wenn, wie im vorliegenden Fall, morphologisch keine Eindeutigkeit herrscht.

Die aus Südwesten vorrückenden Eismassen des Rhonegletschers drangen sukzessive bis auf eine Linie Schwarzenburg–Burgdorf vor. Sie vereinigten sich dabei mit der über Bern hinaus vorgedrungenen Zunge des Aaregletschers, stauten diese zurück und drängten sie nach Nordosten ab, d.h. der Aaregletscher wurde dem Rhonegletscher tributär. Die Ausdehnung der Gletscher im Raum Bern während des letzteiszeitlichen Maximalstandes (LGM, Fig. 2) ist in Figur 12a abgebildet.

Der Aare- und der Rhonegletscher lagerten im Gebiet von Blatt Bern eine lokal über 10 m mächtige Grund- und Obermoräne von sehr wechselhafter Zusammensetzung ab. Im Allgemeinen dominieren mehr oder weniger siltig-tonige Kiese mit häufigen gekritzten und z.T. zerbrochenen Komponenten. Gute Auf-

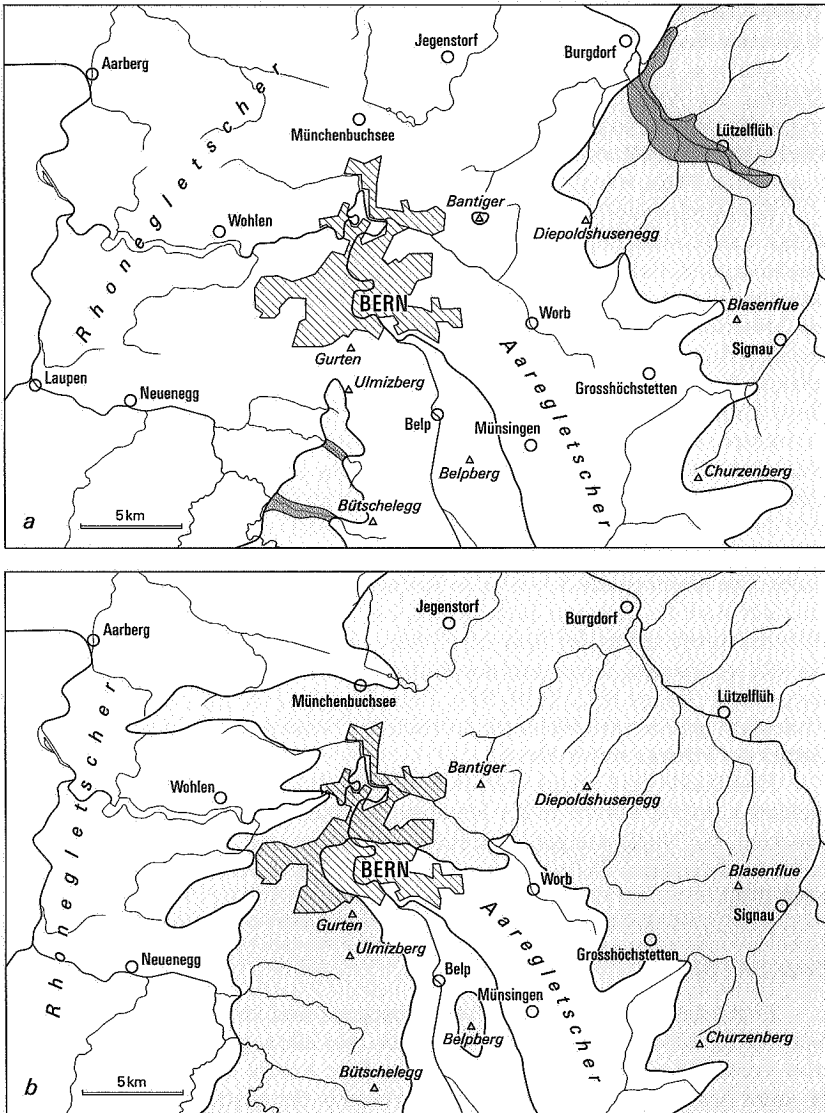


Fig. 12: Bern und Umgebung während der Letzten Vergletscherung. a) Zur Zeit des Maximalstandes (Last Glacial Maximum, LGM); b) zur Zeit des Bern-Stadiums des Aaregletschers. Heller Grauton: unvergletschtes Gelände; dunkler Grauton: eisgestaute Seen bzw. Schotterflächen.

schlüsse finden sich in den zahlreichen kleineren und grösseren Kiesgruben und in diversen Bachtobeln.

Der von längeren Stillständen und kleineren Wiedervorstössen geprägte Rückzug des Aaregletschers am Ende der Letzten Vergletscherung wird durch prägnante Moränenwälle in und um Bern dokumentiert. Die insgesamt sechs Rückzugsstaffeln (BACHMANN 1873, GERBER 1920, 1955, RUTSCH 1947, Taf. III u. V, STAEGER 1988a, b u. a.) sind im Gebiet von Blatt Bern alle vertreten.

Ein Moränenwall des *Seftigschwand-Stadiums* q_{4mSe} ist lediglich an der Chüliwilegg westlich von Englisberg vorhanden. An der Ostflanke des Gurtens und bei Englisberg sind einige exemplarische Wallreste des *Gurten-Stadiums* q_{4mG} erhalten geblieben. Besonders erwähnenswert ist der beim Grünenboden, wenig westlich der Mittelstation der Gurtenbahn, auf 690 m ü. M. verlaufende Wall, der höhenmässig zwischen Gurten- und Bern-Stadium gelegen ist. Das in diesen Wall hinein gebaute Reservoir (Koord. 600.010/197.020) markiert ungefähr die Stelle, wo zu dieser Zeit die linke Seite des Aaregletschers gegen das Rhoneeis stiess. Am bekanntesten ist wohl das *Bern-Stadium* q_{4mB} (BACHMANN 1871, 1873, AEBERHARD 1912, GERBER 1920, NUSSBAUM 1922a, 1934; Fig. 12b), dessen Wälle längs der Linie Tannacker (Koord. 602.500/194.850) – Kehrsatz – Rossacker – Mätteli – Lerbermatt-Hügel – Steinhölzli – Weissenstein – Veielihubel – Inselspital – Falkenhöhe – Kursaal – Viktoriaspital – Rosengarten – Bitziusschulhaus – Oberes Galgenfeld verlaufen. Die Moränen des *Schosshalde-Stadiums* q_{4mS} sind im Gebiet von Blatt Bern links der Aare bei Kehrsatz-Breitägerten, im Oberen Breitenacher und bei Chli-Waberen sowie rechts der Aare im Gebiet der Bürglenstrasse (Koord. 602.375/199.450) vorhanden, diejenigen des *Wittigkofen-Stadiums* q_{4mW} finden sich beim Burgernziel (Koord. 602.250/199.000). Zum *Muri-Stadium* q_{4mM} (*Muri-I-Stadium*) schliesslich gehören die Wallreste nördlich der Nessleren links der Aare und im Gebiet der Elfenau rechts davon.

Fossilfunde sind relativ spärlich und beschränken sich auf Reste von Murren. Solche wurden in der Felsenau (Schädelfragmente und Extremitätenknochen), bei Niederwangen (Extremitätenknochen und Wirbel) und bei Zollikofen (vollständiges Skelett) gefunden (STUDER 1889, KISSLING 1890, GERBER 1933, 1936).

Erratische Blöcke

Erratische Blöcke (Findlinge, «Geissberger») sind im Gebiet von Blatt Bern recht häufig, obwohl im Laufe der Zeit viele, vor allem grössere Exemplare zerstört wurden (BACHMANN 1871, ITTEN 1953). Eine Anzahl erratischer Blöcke wurde unter Schutz gestellt; sie sind im Verzeichnis der geschützten geologischen Objekte des Kantons Bern (AEBERHARD et al. 1987) enthalten. Einige wegen ihrer Lithologie, Herkunft, Lage oder Inschriften besonders erwähnenswerte Blöcke sind nachstehend aufgelistet:

Tabelle 1: *Auswahl einiger geschützter, gut zugänglicher Findlinge in und um Bern.*

600.500/195.850	Quarzit (?Trias)	A/R	Fuchsenstein; 820 m ü. M.
601.230/196.640	Chlorit-Serizitschiefer	A	Schöner Schalenstein
601.500/200.140	Biotitgranit (Grimsel-Granodiorit)	A	Gedenkstein Aargauerstalden ¹⁾
599.660/210.230	Gneis (Aar-Massiv)	A/R	Gottlieb-Studer-Stein
600.720/199.780	Chlorit-Serizitgneis (Innetkirchner Granit)	A	Gedenkstein Turnverband ²⁾
599.890/199.860	Biotit-Chloritgneis (Erstfelder Gneis)	A	Bernhard-Studer-Stein ³⁾
599.135/202.380	Vallorcine-Konglomerat	R	Leitgestein Rhonegletscher
593.990/196.020	Kieselkalk	R	Lias der Klippen-Decke

A = Aaregletscher, R = Rhonegletscher. ¹⁾ Irrtümlicherweise auf der falschen Strassenseite eingetragen. ²⁾ Randlich in der Rabatte gelegen. ³⁾ Auf der Karte noch am alten Standort eingetragen.

Gletschertöpfe (Strudellöcher)

Bei der Erweiterung des Berner Hauptbahnhofes am Ende des 19. Jahrhunderts wurde die Molasseoberfläche grossflächig abgedeckt. Dabei kamen prächtige Gletschertöpfe sowie mehrere subglaziale Schmelzwasserrinnen (Nye channels) zum Vorschein. Eine Beschreibung und mehrere Fotos sind in BALTZER (1896) enthalten. Beim Bau des Parkhauses bei der Grossen Schanze (Koord. ca. 600.000/199.800) wurden ebenfalls Strudellöcher abgedeckt.

q_{4sF} Spätglaziale Rückzugsschotter und Schwemmsande («Felderschotter» und Äquivalente)

Beim Rückzug des Aaregletschers in der ausklingenden Letzten Vergletscherung wurden ausserhalb der Wallmoränen des Bern-Stadiums ausgedehnte Sander, die so genannten «Felderschotter», abgelagert. Gleichzeitig wurden auch von den Schmelzwässern des Rhonegletschers, dessen Teillappen zu dieser Zeit noch im vorderen Wangental, im Gäbelbachtal, im Aaretal bei Herrenschwanden sowie im Chräbsbachtal lagen (Fig. 12b), entsprechende Schotterfluren geschüttet.

Analoge Schotter- und Sandvorkommen wurden, zu einem späteren Zeitpunkt, auch im Innern des Moränenkranzes des Bern-Stadiums abgelagert, wo während des weiteren Gletscherrückzuges das Zungenbecken nach und nach frei gelegt wurde, so im Mattenhof, im Kirchenfeld und im Gebiet Brunnadern-Murifeld.

Neben den ausgedehnten Vorkommen im Gebiet Bümpliz-Bethlehem-Grosser Bremgartenwald, im Liebefeld, im Gebiet Beundenfeld-Breitfeld-Wankdorffeld, im Kirchenfeld und im Gebiet Kehrsatz-Wabern-Morillon finden

sich kleinere bei Chliforst (W von Riedbach) sowie beim Unterfeld bei Illiswil. Aus letzteren beschrieb NUSSBAUM (1934) Rhonegerölle. Zwei analoge, noch weiter westlich gelegene Vorkommen von «Felderschottern» wurden bei Ostermannen und bei Golaten kartiert.

Ein illustrativer Aufschluss befand sich in der mittlerweile fast vollständig wieder aufgefüllten Kiesgrube beim Weissenbühl (Koord. 598.450/198.550).

Die Entwässerung während des Rückzuges des Rhonegletschers erfolgte vorerst generell in nordöstlicher Richtung, z.T. randlich des abschmelzenden Eises. So dürfte die Sense zuerst via Köniz und später durch das Wangental der Aare zugeflossen sein. Letztere dürfte zu diesem Zeitpunkt über Zollikofen und Fraubrunnen ins untere Emmental abgeflossen sein. Erst nach einem weiteren Rückzug des Rhonegletschers war ein Abfluss der Sense nach Westen zur Saane und der Aare vom Marzili in Richtung Hinterkappelen und von dort weiter über Aargen möglich.

Bei den «Felderschottern» handelt es sich im Allgemeinen um gut ausgewaschene fluviatile Kiese. Lokal sind sie oft stark sandig und mit feinkörnigen Stausedimenten verfangert. Deltastrukturen sind recht häufig zu beobachten. In der Nähe der Endmoränen findet ein allmählicher Übergang zu Glazialschutt mit eckigen, teilweise geschrämmten Geschieben und grösseren Blöcken statt (BALTZER 1896).

Die «Felderschotter» überlagern entweder letzteiszeitliche Moräne oder feinkörnige Stausedimente (Eisrandseebildungen). Sie sind direkt von Humus oder, wie z.B. beim Weyermannshus, von spät- bis postglazialen Verlandungssedimenten (s.u.) überdeckt.

Die Mächtigkeit der «Felderschotter» ist sehr variabel. Sie beträgt im Liebefeld und in Bümpliz bis zu 40 m, im Gebiet Beundenfeld-Breitfeld-Wankdorffeld dagegen nur wenige Meter.

Fossilfunde sind trotz der grossen Verbreitung dieser Schotter selten. BACHMANN (1867) und KISSLING (1890) beschreiben Mammutreste aus der Umgebung des Bundeshauses, GERBER (1928) erwähnt Rentierknochen vom Beundenfeld. In einer ehemaligen Grube beim Weierguet bei Wabern (Koord. ca. 601.500/197.500) wurde ferner verkieseltes Holz gefunden, welches aus der Molasse aufgearbeitet worden sein könnte.

q_{4st} Spät- bis postglaziale Stausedimente

Die Stausedimente sind östlich der Berner Altstadt im Raum Gryphenhübeli-Egelmösli-Obstberg-Rosengarten anzutreffen. Es handelt sich hauptsächlich um tonige Silte und Feinsande, die vermutlich nach dem Rückzug des Gletschers vom Bern- zum Schosshalde-Stadium im eisfrei gewordenen Zungenbecken zur Ablagerung gelangten. Vereinzelt sind darin auch dünne Kieslagen und



Fig. 13: Spät- bis postglaziale Schotterterrasse der Aare, rund 35 m über dem heutigen Flussniveau gelegen. Bodenacker zwischen Bremgarten und Stuckishaus. Foto A. Isler, 2004.

Geröll führende Horizonte eingeschaltet. Das Liegende bildet Grundmoräne oder z.T. auch direkt die Molasse. Die Mächtigkeit kann mehrere Dekameter betragen.

q_{SL} Spät- bis postglaziale Verlandungsbildungen

Die Verlandungssedimente in Holligen und in der Umgebung des Schwimmbades Weiermannshus, des Rests eines ehemals natürlichen Sees, umfassen hauptsächlich tonige Silte und Feinsande, die nach dem Rückzug der letzteiszeitlichen Gletscher abgelagert wurden. Ihre Mächtigkeit variiert stark. In ihrem Liegenden wurden an verschiedenen Stellen «Felderschotter» erbohrt.

q_s Spät- bis postglaziale Schotter

Zwischen Bern und Wohlen sind längs der Aare verschiedene, morphologisch deutlich in Erscheinung tretende Terrassenniveaus ausgebildet (Fig. 13). Es handelt sich dabei um nur wenige Meter mächtige (s. Taf. I), lediglich von einer meist dünnen Humusdecke überdeckte Flussablagerungen (sandige Kiese bis siltige Sande). Überreste älterer Schotterterrassen der Saane finden sich zwischen Gümmenen und Marfeldingen auf der rechten Talseite, solche der Sense südlich von Laupen.

Die höheren Niveaus der Schotterterrassen können als spätglaziale, die tiefsten als postglaziale (holozäne) Ablagerungen angesprochen werden.

Holozän

Hanglehm, Verwitterungslehm, z.T. vermischt mit Hang- oder Verwitterungsschutt

Der Hangschutt ist je nach Ausgangsgestein unterschiedlich zusammengesetzt: Im Bereich der Gümnenen-Schichten dominieren mehr oder weniger verlehnte Schuttbildungen, während die Sense- und Belpberg-Schichten sandigen bis kiesig-sandigen Verwitterungsschutt liefern.

Rutschmassen

Kleinere und grössere Rutschmassen sind im Bereich ausgedehnter und steiler Molasseaufschlüsse häufig zu beobachten. Die Terrainbewegungen spielen sich teils in der Lockergesteinsdecke, teils aber auch längs von Mergelschichten innerhalb des Felsuntergrundes ab. Grossflächige Rutschmassen prägen das rechte Aareufer zwischen Halen- und Kappelenbrücke. Im Bereich der Felsenau, unmittelbar südlich des Autobahnviadukts, rutscht die künstliche Hanganschüttung auf der ursprünglichen Geländeoberfläche bereits seit mehreren Jahrzehnten mit durchschnittlich 3–4 mm/Jahr aarewärts. (In der Karte sind innerhalb dieser künstlichen Aufschüttung irrtümlicherweise keine Rutschungsbogen eingezeichnet.)

Bachschuttkegel

Eine Vielzahl kleiner Bachschuttkegel finden sich vor allem längs des Wangentals und rund um den Gurten sowie längs des südlichen Ufers des Wohlensees. Im Saanetal verhinderte die Erosion des früher stark pendelnden Flusslaufes den Aufbau grösserer seitlicher Schuttkegel.

Verlandungsbildungen, Sumpf, drainierter Sumpf

Nach dem Rückzug der Gletscher bildeten sich in den mit Moräne ausgekleideten Geländemulden kleine Tümpel und Sümpfe, die allmählich verlandeten, z.B. südlich von Köniz, westlich von Bümpliz, im Forst und vor allem im Gebiet zwischen Zollikofen und Säriswil. Es kamen feinkörnige klastische Sedimente (Silte, Feinsande) sowie Seekreide und Torf zur Ablagerung. Die Mächtigkeit dieser Ablagerungen beträgt in der Regel wenige Meter.

Die ehemaligen Torf- und Sumpfgebiete sind heute weitgehend trockengelegt und landwirtschaftlich genutzt oder überbaut. Geblieben sind jedoch die ursprünglichen Namen wie Bottigemoos, Heidmoos, Egelmöslü usw. Auch auf Stadtgebiet, z.B. beim Freudenbergerplatz (Ostring), im Mattenhofquartier und

im Marzili wurden in Bohrungen und Baugruben wiederholt namhafte Torfvorkommen angetroffen.

Eine Sonderstellung nimmt das südlich von Oltigen in der Saanetalebene gelegene Moor- und Sumpfgebiet ein. Es verdankt seine Entstehung dem hier sehr hoch gelegenen Grundwasserspiegel in der alluvialen Talfüllung.

Kalktuff

Ein annähernd 1 km langes und lokal mehrere Meter mächtiges Kalktuffvorkommen findet sich im Jordetalchen (Koord. 595.900/200.900), drei weitere ähnliche im Gummersloch (Koord. 600.900/194.350), bei der Düfti (Koord. 601.500/194.950) sowie in Oberwangen. Es handelt sich um locker gelagerte Kalkausscheidungen im Umfeld von Quellwasseraustritten aus glazialen Schottern bzw. der Molasse.

a Jüngste Alluvionen

Grössere subrezente bis rezente Alluvionen finden sich in den Talebenen des Sense-, Saane- und Aaretals.

Die Alluvionen des Saanetals und des unteren Sensetals sind im Zuge dreier hydrogeologischer Studien des Wasser- und Energiewirtschaftsamts des Kantons Bern detailliert beschrieben worden (KELLERHALS & HAEFELI 1984, 1989, KELLERHALS + HAEFELI AG 1993). Generell handelt es sich um saubere siltig-sandige Kiese (Saane- und Sense-Schotter), die z.T. von 1–2 m mächtigen Überflutungssedimenten (sandige Silte, siltige Sande) überdeckt sind.

Einen interessanten Einblick in die jüngste Talgeschichte vermitteln die im Mattequartier (bei Koord. ca. 601.300/199.600) einige Meter über dem heutigen Aareniveau anstehenden schotterbedeckten Torfschichten. Diese repräsentieren ein altes Überflutungsniveau, das vor der Einleitung der Kander in den Thunersee (im Jahre 1714) gemäss alten Hochwassermarkierungen öfters überschritten wurde.

Künstliche Aufschüttungen, Deponien

Künstliche Aufschüttungen, Auffüllungen und Deponien sind der Umgebung von Bern zahlreich vorhanden. In der Regel handelt es sich um aufgefüllte Kiesgruben und Steinbrüche (z.B. Reichenbach, Herrenschwanden), Schutt- und Kehrichtdeponien (z.B. Gummersloch, Teuftal, Illiswil) oder auch, im Gebiet der Berner Altstadt, um mit Bau- und Brandschutt aufgefüllte ehemalige Stadtgräben (GERBER 1937). Speziell erwähnenswert ist auch die Schütte, welche die nordseitige Böschung der Berner Halbinsel bildet und wo spätestens seit dem Stadtbrand von 1405 neben dem Brandschutt während langer Zeit Kehricht und Schutt aller Art entsorgt wurde.

TEKTONIK

Das Gebiet des Atlasblattes Bern gehört gänzlich zur schwach gefalteten mittelländischen Molasse. Im bearbeiteten Gebiet sind nur gerade zwei mehr oder weniger gut belegbare Strukturen vorhanden, nämlich die Wohlen-Antiklinale, die über Kirchlindach nach Wohlen verläuft und südlich des Wohlensees ausklingt (NUSSBAUM 1925) sowie eine weitere, zwischen Aarberg und Wileroltigen festgestellte antiklinale Aufwölbung, die als Niederried-Antiklinale bezeichnet wird. Es handelt sich dabei um sehr flache, im Felde wenig prägnante und nur durch eine statistische Auswertung von Schichtlagerungsmessungen erfassbare Strukturen, die generell in Richtung NE-SW streichen. Eine genauere Datierung der Deformation ist nicht möglich.

Die Frienisberg-Antiklinale (z.B. GERBER 1950) konnte im Gebiet von Blatt Bern nicht beobachtet werden, während die auf der Nebenkarte «Geologische Übersicht 1:200000» zwischen Laupen und Schmitten eingezeichnete Schmitten-Antiklinale (SCHUPPLI 1950) im Feld nicht eindeutig lokalisiert werden konnte.

Verwerfungen wurden keine mit Sicherheit nachgewiesen, da die Aufschlussverhältnisse in der Regel dürftig sind und zudem eindeutige Korrelationshorizonte fehlen. Eventuell handelt es sich bei dem im Sanierungsstollen der Deponie Gummersloch (Koord. 600.700/194.600) innerhalb der «gesunden» Molasse angefahrenen Sand führenden Trümmerhorizont um eine tektonische Störung.

Sowohl die Sandsteine der Unteren Süsswassermolasse als auch diejenigen der Oberen Meeresmolasse weisen eine ausgeprägte Klüftung auf. Eine systematische Erfassung dieser Klüfte steht jedoch noch aus.

MOLASSEOBERFLÄCHE UND BOHRUNGEN

Im Gebiet von Blatt Bern sind eine sehr grosse Zahl von Sondierbohrungen für Bauvorhaben, Grundwasserprospektion, Erdwärmennutzung u. dergl. ausgeführt worden. Eine repräsentative Auswahl dieser künstlichen Aufschlüsse ist auf das Kartenblatt übernommen worden. Auch ausserhalb des städtischen Agglomerationsgebietes sind im Zusammenhang mit Kiesprospektion (Forst), Wärmesonden (z.B. Kappelenring) und seismischen Untersuchungen der Pétrôle d'Aquitaine (Berne) SA verschiedentlich tiefere Bohrungen ausgeführt worden.

Eine anhand aller bekannt gewordenen Bohrresultate und Oberflächen-aufschlüsse konstruierte Isohyphsenkarte der Molasseoberfläche 1:25 000 im Gebiet Gäbelbach-Bremgarten-Ostermundigeberg (Atlasblatt 104 Worb)-Gurten-Niederwangen hat STAEGER (1988b) publiziert. Die mögliche Fortsetzung des Aaretal-Trogs auf das Stadtgebiet wird in KELLERHALS & ISLER (1983) und GRÜNER (1993) diskutiert (s.a. Nebenkarte «Geologische Übersicht 1:200 000» von Atlasblatt Worb). 1995 wurde bei Hinterkappelen (Koord. ca. 594.990/201.440) eine Erdsondenbohrung abgetieft, mit welcher der Fels erst in 80 m Tiefe, d.h. etwa auf Kote 415 m ü.M., erreicht wurde, obwohl nur wenig weit vom Bohrplatz entfernt die Molasse oberflächlich ansteht. Dies macht deutlich, dass die Aare im Gebiet des Kappelenrings eine enge, tiefe Schlucht in den Molassefels eingesnitten hat.

ROHSTOFFE

Molassesandstein

Seit dem Mittelalter wurde in der Umgebung von Bern an zahlreichen Stellen Sandstein zu Bauzwecken abgebaut (DE QUERVAIN 1969, 1970, LABHART 1997). Die älteste schriftliche Erwähnung der im Besitze der Stadt befindlichen Steinbrüche geht auf das Jahr 1269 zurück (HOFER 1960). Die erste Abbaustelle auf Stadtgebiet dürfte sich in der Sandfluh beim heutigen Aargauerstalden befunden haben (Fig. 14).

In den meisten Brüchen wurden die Sense-Schichten («Burdigalien»- bzw. Berner Sandstein) abgebaut. Es handelt sich dabei um grün-, blau- und olivgraue Sandsteine mit einer mittleren Korngrösse von 0,1–0,4 mm (DE QUERVAIN 1969). Die einzelnen Körner sind schlecht gerundet und nur schwach verkittet. Das porenreiche Gestein ist stark wassersaugend und generell von geringer Druckfestigkeit. Diese ungünstigen Eigenschaften werden durch die grosse Homogenität, das gute Isolationsvermögen sowie die leichte Abbaubarkeit wettgemacht.

Die Sandsteine der Unteren Süsswassermolasse wurden lokal ebenfalls ausgebeutet. Wegen ihrer stark schwankenden Qualität und der geringen Mächtigkeit der einzelnen Abbauhorizonte stellten diese Vorkommen jedoch nie eine ernsthafte Alternative zum Berner Sandstein dar und hatten lediglich lokale Bedeutung.

Der grösste heute noch in Betrieb stehende Steinbruch im Gebiet von Blatt Bern liegt am Nordwesthang des Gurtens (Koord. 599.900/196.800). Der hier ab-

Ton und Lehm

Grössere und kleinere Ton- und Lehmgruben waren einst im Gebiet von Blatt Bern weit verbreitet. Die letzte Abbaustelle, die Grube der Ziegelei Rehhag bei Bümpliz (Koord. 595.300/198.100), stellte den Betrieb 2002 ein. Hier wurde Ton aus den vorletzteiszeitlichen glaziolakustrischen Ablagerungen (q_{3SL} , Seetone und Gletscherseemoräne) zu Ziegeleizwecken abgebaut.

HYDROGEOLOGIE

Allgemeines

Für eine ständig nachgeführte Zusammenstellung sämtlicher öffentlich genutzter Quell- und Grundwasserfassungen des Kartengebietes sei auf Blatt 1166 Bern der Gewässerschutzkarte des Kantons Bern 1:25000, herausgegeben vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA), verwiesen. Diese Karte enthält auch Angaben über die konzessionierten Entnahme- bzw. Schüttungsmengen und die ausgeschiedenen Schutzzonen und -areale.

Auf Blatt Bern des Geologischen Atlas wurden zusätzlich auch ausgewählte kleinere private Fassungen und Quellstollen vermerkt. Das eingetragene Zeichen symbolisiert dabei häufig lediglich die Einlaufbrunnstube, da die genaue Lage der eigentlichen Quelfassung im Felde oft nicht ersichtlich ist.

Ergänzende Informationen finden sich u.a. in BLAU (1973) sowie in den hydrogeologischen Berichten des Wasser- und Energiewirtschaftsamts des Kantons Bern (KELLERHALS & HAEFELI 1984, 1989, NATURAQUA 1997).

Grundwasserführung der Molasse

Grundwasseraustritte in Form von Schicht- oder Kluftquellen sind in der Molasse der Umgebung von Bern häufig, besonders in Bereichen, wo Sandsteine (Grundwasserleiter) von Mergellagen (Grundwasserstauer) durchzogen bzw. unterlagert sind. Oft wurde versucht, das hauptsächlich entlang von Klüften zirkulierende Wasser mit Quellstollen («Brunnhöhlen») oder Sodbrunnen zu fassen.

Die Schüttung der Kluftquellen schwankt meist stark, vor allem dort, wo offene Klüfte bis unmittelbar unter die Geländeoberfläche reichen. In trockenen Jahren versiegen darum zahlreiche dieser Fassungen weitgehend. Im Gegensatz dazu zeigen die meist über Mergellagen in den Sandstein vorgetriebenen Quellstollen sehr konstante Schüttungen (Schichtquellen).

Grundwasserführung der quartären Lockergesteine

Grundwasserentnahmen aus Lockergesteinen (mittels Sodbrunnen, Fassungsschächten und Filterbrunnen) konzentrieren sich vor allem auf die Vorkommen von «Felderschottern» sowie auf die Alluvionen des Saane-, Wangen- und Aaretals nahe Bern. Kleinere Fassungen wurden auch zur Nutzung der an der Grenze zwischen Lockergestein und Fels zirkulierenden Wässer sowie in kiesiger Moräne erstellt.

Eine im Marzili im Zuge einer Grundwasserprospektion auf -319 m abgeteufte Spülbohrung (Koord. 600.350/198.535) durchhörte folgende Schichten:

0– 20 m	Schotter
20– 26 m	Seeton
26–131 m	Ton mit Kieseinschaltungen (?«Altmoräne»)
131–244 m	Lehm mit Kiesbänken
244–266 m	Hart gelagerter Kies, im basalen Teil mit Lehm- und Sandeinschaltungen
266–319 m	Sandstein der Unteren Süsswassermolasse

Wasserführende Horizonte wurden in dieser Bohrung in verschiedenen Tiefen registriert. Es handelt sich meist um lediglich wenige Meter mächtige Kiesbänke, die durch tonige Lagen voneinander getrennt sind.

Durch die rege Bautätigkeit und eine damit verbundene grossflächige Oberflächenabdichtung durch Strassenbeläge u.ä. wurde die Menge des versickern den Niederschlags in den letzten Jahrzehnten besonders im Stadtgebiet stark reduziert. Dies führte beispielsweise im Raum Bümpliz zu einer markanten Absenkung des Grundwasserspiegels in den unmittelbar unter der Oberfläche anstehenden Schottervorkommen.

Eine Übersicht über die potenziellen Nutzungsmöglichkeiten des Grundwassers und über die Ausdehnung der entsprechenden Lockergesteinsgrundwasservorkommen kann der vom Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA) publizierten Übersichtskarte 1:100 000 «Grundwasser» entnommen werden.

SIEDLUNGSGESCHICHTLICHE FUNDE UND ELEMENTE

Die auf der Karte eingezeichneten siedlungsgeschichtlichen Elemente wurden in verdankenswerter Weise vom Archäologischen Dienst des Kantons Bern zusammengestellt. Dabei wurden jedoch in den meisten Fällen nur diejenigen Elemente berücksichtigt, die im Feld zu falschen geologischen bzw. geomorphologischen Rückschlüssen verleiten könnten, d. h. insbesondere alte Erdburgen und Wälle (auf der Engehalbinsel) sowie markante Grabhügel.

Die dargestellten Grabhügel stammen mehrheitlich aus der Hallstatt-Zeit (ältere Eisenzeit, ca. 750–450 v. Chr.). Eine bedeutsame Grabhügelnekropole befindet sich zwischen Allenlütten und Mauss (BANDI 1981).

Während der jüngeren Eisenzeit (1. Jh. v. Chr.) entstand auf der Engehalbinsel bei Bern ein durch mehrere Wälle gesichertes keltisches Oppidum (Befestigungsanlage). Die ursprüngliche Abschnittsbefestigung riegelte die Halbinsel an ihrer engsten Stelle ab. Sie verlief von der nahe des Autobahnviaduktes gelegenen Bahnstation Felsenau entlang der Terrassenkante bis hin zu den Wallresten bei Koord. ca. 600.400/202.550. Flankierende Wälle an den Stellen, wo die Halbinsel von der Flussseite her leicht erstiegen werden konnte, ergänzten die Wehranlage. Im Inneren der Anlage wurden u. a. folgende Objekte ausgegraben: ein weiterer, jüngerer Wehrwall im Bereich des Tiefenauspirals, ein kleines römisches Amphitheater bei Koord. 600.950/202.730, Reste eines römischen Vicus (Dorf) mitsamt einer kleinen Badeanlage im Reichenbachwald sowie ausgedehnte keltisch-römische Gräberfelder. Die Besiedlung der Engehalbinsel dauerte bis ins 4. Jh. n. Chr. an. Im Zusammenhang mit der Engehalbinsel erwähnenswert ist auch eine keltische Viereckschanze im Grossen Bremgartenwald, ein Geviert von 62 auf 68 m. Im Innern dieses noch nicht näher untersuchten Areals befand sich wohl ein hölzerner Kultschrein oder ein sodbrunnenartiger Schacht, der möglicherweise Opferhandlungen diente (FELLMANN 1981).

Hinweise auf eine Neubesiedlung der Region finden sich erst wieder aus dem Mittelalter. Die neu gegründete Gewerbe- und Marktsiedlung wurde allerdings nicht mehr auf der weiten, schwierig zu verteidigenden Engehalbinsel erbaut, sondern auf der etwas weiter südlich gelegenen kleinen Landzunge der heutigen Stadt Bern (MÜLLER-BECK 1957).

Einen wichtigen landschaftsverändernden menschlichen Eingriff im Gebiet von Blatt Bern stellt der Bau des Flusskraftwerkes Mühleberg in den Jahren 1917–1920 und der damit verbundene Aufstau des Wohlensees dar.

LITERATURVERZEICHNIS

- AEBERHARD, B. (1912): L'ancien glacier de l'Aar et ses relations avec celui du Rhône. – *Eclogae geol. Helv.* 11, 752–771.
- AEBERHARD, T., SCHMALZ, K. L., STALDER, H. A. & VOLLENWEIDER, P. (1987): Verzeichnis der geschützten geologischen Objekte des Kantons Bern. In: Naturschutzinspektorat des Kantons Bern, Bericht 1986. – *Mitt. natf. Ges. Bern* [N.F.] 44, 71–111.
- ARBENZ, P. (1919): Bericht über Bohrungen an der Aare unterhalb von Bern (Sitzung v. 10.5. 1919). – *Mitt. natf. Ges. Bern* (1919), XXI–XXII.
- BACHMANN, I. (1867): Ueber die in der Umgebung von Bern vorkommenden versteinerten Thierreste. – Weingart, Bern.
- (1871): Die wichtigsten erhaltenen oder erhaltungswürdigen Fündlinge im Kanton Bern. – *Mitt. natf. Ges. Bern* (1871), 32–85.
- (1873): Der Boden von Bern. Geognostische Skizze entworfen aus Auftrag der städtischen Sanitätskommission. – Fischer, Bern.
- (1882): Neue geologische Beobachtungen in Bern. – *Mitt. natf. Ges. Bern* (1882), 61–70.
- BALTZER, A. (1896): Der diluviale Aargletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern, mit Berücksichtigung des Rhonegletschers. – *Beitr. geol. Karte Schweiz* 30.
- BANDI, H. (1981): Jäger, Bauern und Handwerker der Urzeit. Bronze- und Eisenzeit. In: MEYER, P. (Hrsg.): Berner, deine Geschichte. Landschaft und Stadt Bern von der Urzeit bis zur Gegenwart. – Bächler, Bern.
- BECK, P. (1932): Über den eiszeitlichen Aaregletscher und die Quartärchronologie. – *Verh. schweiz. natf. Ges.*, Thun (1932), 193–211.
- (1938): Bericht über die ausserordentliche Frühjahrsversammlung der Schweizerischen Geologischen Gesellschaft in Thun. – *Eclogae geol. Helv.* 31/1, 173–198.
- BECK, P. & RUTSCH, R. F. (1949): Blatt 336–339 (SA) Münsingen–Konolfingen–Gerzensee–Heimberg. – *Geol. Atlas Schweiz* 1: 25000, Karte. 21.
- (1958): Blatt 336–339 (SA) Münsingen–Konolfingen–Gerzensee–Heimberg. – *Geol. Atlas Schweiz* 1: 25000, Erläut. 21.
- BECKER, D. (2003): Paléoécologie et paléoclimats de la Molasse du Jura (Oligo-Miocène): apport des Rhinocérotoidea (Mammalia) et des minéraux argileux. – Thèse Univ. Fribourg, Geo-Focus 9.
- BECKER, F. (1972): Géologie de la région du lac de Morat entre la vallée de la Sarine et le lac de Neuchâtel. – Thèse Univ. Fribourg; API Fribourg.
- BERGER, J.-P. (1985): La transgression de la Molasse marine supérieure (OMM) en Suisse occidentale. – *Münchener geowiss. Abh. Reihe A: Geol. u. Paläont.* 5.
- BINGGELI, V. (1971): Bannwiler Block und Langenthaler Schwankung. – *Jb. Oberrargau* 1971.
- BLAU, R. V. (1973): Grundwasservorkommen und Wasserversorgung in der «Region» Bern. – *Jb. geogr. Ges. Bern* 50 (1970–72), 1–19.
- BOLLIGER, T., FEJFAR, O., GRAF, H. R. & KÄLIN, D. (1996): Vorläufige Mitteilung über Funde von pliozänen Kleinsäugern aus den höheren Deckenschottern des Irchels (Kt. Zürich). – *Eclogae geol. Helv.* 89/3, 1043–1048.
- DIEGEL, F. (1975): Quartärgeologische Zusammenhänge im Jungpleistozän von Jaberg. – *Eclogae geol. Helv.* 68/3, 517–530.
- DOLLINGER, J. (1997): Geologie und Hydrogeologie der Unteren Süsswassermolasse im SBB-Grauholztunnel bei Bern. – *Geol. Ber. Landeshydrol. u. -geol.* 21.
- FELLMANN, R. (1981): Kelten und Römer. Die La-Tène-Zeit. In: MEYER, P. (Hrsg.): Berner, deine Geschichte. Landschaft und Stadt Bern von der Urzeit bis zur Gegenwart. – Bächler, Bern.

- FISCHER, H. (1985): Strontium-Isotopen-Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse (OMM): erste Resultate. – Schweiz. mineral. petrogr. Mitt. 65/2–3, 360–361.
- FRASSON, B. A. (1947): Geologie der Umgebung von Schwarzenburg (Kanton Bern). – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 88.
- FREI, R. (1912): Über die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 41/2.
- GASSER, U., MATTER, A. & NABHOLZ, W.K. (1964): Sedimentologie eines temporären Aufschlusses von «Altmoräne» am Aarebord unter der Monbijoubrücke in Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 21, 99–112.
- GERBER, E. (1913): Jensberg und Brüttelen, zwei Ausgangspunkte für die Molasse-Stratigraphie des bernischen Mittellandes. – Eclogae geol. Helv. 12/4, 451–476.
- (1915): Über ältere Aaretal-Schotter zwischen Spiez und Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern (1914), 168–206.
- (1920): Ueber den Zusammenhang der Seitenmoränen am Gurten und Längenberg mit den Endmoränen von Bern und Umgebung. – Mitt. natf. Ges. Bern (1919), XXXIV–XXXIX.
- (1923): Ueber die Zweiteilung der Meeresmolasse in der Umgebung von Bern. – Eclogae geol. Helv. 18/2, 246–249.
- (1926): Ueber die Molasse im Amtsbezirk Bern, oder: Lassen sich aus den Molasseprofilen diluviale Krustenbewegungen nachweisen? – Mitt. natf. Ges. Bern (1925), 38–58.
- (1927): Geologische Karte von Bern und Umgebung 1:25000. – Kümmerly & Frey, Bern.
- (1928): Über quartäre Säugetierreste aus dem Kanton Bern. – Eclogae geol. Helv. 21/1, 218.
- (1933): Über die diluvialen Murmeltiere aus dem Gebiet des eiszeitlichen Aare- und Rhonegletschers. – Eclogae geol. Helv. 26/2, 221–224.
- (1936): Ueber neuere Murmeltierfunde aus dem bernischen Diluvium. – Mitt. natf. Ges. Bern (1935), 24–28.
- (1937): Die geologischen Aufschlüsse beim Bau der Autohalle im Münz- oder Gerbergraben der Stadt Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern (1937), 44–49.
- (1938): Vorweisung von Dentalien aus dem Muschelsandstein am Osthang des Gurtens bei Bern. – Eclogae geol. Helv. 31/2, 316–317.
- (1950): Blatt 142–145 (SA) Fraubrunnen–Wynigen–Hindelbank–Burgdorf. – Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Erläut. 22.
- (1953): Über die Säugetierreste aus den Karlsruhe-Schottern bei Bern. – Eclogae geol. Helv. 46/2, 298–300.
- (1955): Ergebnisse glazialgeologischer Studien nordöstlich von Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 12, 3–21.
- GERBER, M.E. (1982): Geologie des Berner Sandsteins. Das Burdigalien zwischen Sense und Langete, Kanton Bern. – Diss. Univ. Bern.
- GRAF, H.R. (1993): Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. – Diss. eidg. tech. Hochsch. (ETH) Zürich 10205.
- GRUNER, U. (1993): Eiszeitliche Trogbildungen im Raum Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 50, 35–43.
- (2001): Blatt 1167 Worb (mit Beiträgen von R.BURKHALTER). – Geol. Atlas Schweiz 1:25000, Erläut. 104.
- HABICHT, J.K.A. (1987): Internationales stratigraphisches Lexikon, Bd. I Europa, Fasz. 7 Schweiz, 7b Schweizerisches Mittelland (Molasse). – Schweiz. geol. Komm. u. Landeshydrolog. u. -geol.
- HANTKE, R. (1980): Eiszeitalter, Bd. 2. – Ott, Thun.
- HEIM, ALB. (1919): Geologie der Schweiz, Bd. I: Molasse und Juragebirge. – Tauchnitz, Leipzig.

- HOFFER, P. (1960): Die vier Sandsteingruben Berns. – *Hochwächter* 16/11, 332–341 (Haupt, Bern).
- ITTEN, H. (1953): Verzeichnis der geschützten Naturdenkmäler im Kanton Bern (Stand 1. Januar 1953). In: Naturschutzkommission des Kantons Bern, Bericht für die Jahre 1951 und 1952. – *Mitt. natf. Ges. Bern* [N.F.] 10, 110–126.
- IVY-OCHS, S. (1996): The dating of rock surfaces using in-situ produced ^{10}Be , ^{26}Al and ^{36}Cl , with examples from Antarctica and the Swiss Alps. – Diss. eidg. tech. Hochschule (ETH) Zürich 11763.
- JÄCKLI, H. (1970): Die Schweiz zur letzten Eiszeit, 1: 550000. In: Atlas der Schweiz, Taf. 6. – Eidg. Landestopographie, Wabern-Bern.
- JENNY, F., BALTZER, A. & KISSLING, E. (1896): Geologische Excursionskarte der Umgebungen von Bern 1: 25000. Geol. Spezialkarte 10. – Schweiz. geol. Komm. (in BALTZER 1896).
- KÄLIN, D. (1997): The mammal zonation of the Upper Marine Molasse of Switzerland reconsidered – a local biozonation of MN2–MN5. In: AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Ed.): Actes du congrès Biochrom'97. – Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier 21, 515–535.
- KAUFMANN, F.J. (1872): Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. – *Beitr. geol. Karte Schweiz* 11.
- KELLER, B. (1989): Fazies und Stratigraphie der Oberen Meeresmolasse (Unteres Miozän) zwischen Napf und Bodensee. – Diss. Univ. Bern.
- KELLERHALS + HAEFELI AG (1993): Hydrogeologie unteres Sensetal zwischen Thörishaus und Laupen. – Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA).
- KELLERHALS, P. & HAEFELI, C. (1984): Hydrogeologie Saanetal, Gebiet Wileroligen. – Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA).
- (1989): Hydrogeologie Saanetal zwischen Laupen und Aare. – Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA).
- KELLERHALS, P. & ISLER, A. (1983): Profilserie durch die Quartärfüllung des Aare- und des Gürbetroses zwischen Thunersee und Bern. – *Eclogae geol. Helv.* 76/2, 417–430.
- KELLERHALS, P. & TRÖHLER, B. (1976): Hydrogeologie Seeland. – Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA).
- KEMPF, O., BOLLIGER, T., KÄLIN, D., ENGESSER, B. & MATTER, A. (1997): Revised magnetostratigraphic calibration of Oligocene to Miocene mammal biozones of the North Alpine foreland basin. In: AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Ed.): Actes du congrès Biochrom'97. – Mém. Trav. E.P.H.E., Inst. Montpellier 21, 547–561.
- KISSLING, E. (1890): Die versteinerten Thier- und Pflanzenreste der Umgebung von Bern. Exkursionsbüchlein für Studierende. – Wyss, Bern.
- LABHART, T. (1997): Festgesteine für Bauzwecke. Historische Bausteine der Schweiz. In: KÜNDIG, R., MUMENTHALER, T., ECKARDT, P., KEUSEN, H.R., SCHINDLER, C., HOFMANN, F., VOGELER, R. & GUNTLI, P. (Hrsg.): Die mineralischen Rohstoffe der Schweiz (S. 175–204). – Schweiz. geotech. Komm.
- LÜTHY, H., MATTER, A. & NABHOLZ, W.K. (1963): Sedimentologische Untersuchung eines temporären Quartäraufschlusses bei der Neubrügg nördlich Bern. – *Eclogae geol. Helv.* 56/1, 119–145.
- MARTINI, E. (1971): Standard Tertiary and Quaternary calcareous nannoplankton zonation. – *Proc. 2nd Plankton Conf., Rome 1970, Part 2*, 739–785.
- MAYER-EYMAR, K. (1857): Versuch einer neuen Klassifikation der Tertiär-Gebilde Europas. – *Verh. allg. schweiz. Ges. Natw.* (1857), 165–199.
- MEYER-WOHLFARTH, B. (1986): Das jüngere Quartär im Westschweizer Seeland (erster Teil). – *Rev. Paléobiol.* 5/2, 337–374.
- MÜLLER, C. (1982): Nannoplankton der Schweizer Molasse. In: JUNG, P. (Coord.): Nouveaux résultats biostratigraphiques dans le bassin molassique, depuis le Vorarlberg jusqu'en Haute-Savoie (p. 35–38). – *Doc. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon, hors Sér.* 7.

- MÜLLER-BECK, H. (1957): Die Engehalbinsel bei Bern, ihre Topographie und ihre wichtigsten vor- und frühgeschichtlichen Denkmäler. – Schr. hist.-antiq. Komm. Stadt Bern 1957/1.
- NATURAQUA (1997): Hydrologie der Region westlich und nordwestlich von Bern. – Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern (WEA).
- NUSSBAUM, F. (1908): Ueber die Schotter im Seeland. – Mitt. natf. Ges. Bern (1907), 169–197.
- (1920): Ueber den Nachweis von jüngerem Deckenschotter im Mittelland nördlich von Bern. – *Eclogae geol. Helv.* 16/1, 102–106.
 - (1922a): Das Moränengebiet des diluvialen Aaregletschers zwischen Thun und Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern (1921), 42–84.
 - (1922b): Exkursionskarte der Umgebung von Bern 1:75000. – Kümmerly & Frey, Bern.
 - (1923): Erläuterungen zu einer neuen, geologisch bearbeiteten Exkursionskarte der Umgebung von Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern (1922), 111–126.
 - (1925): Ueber den Nachweis einer Molasse-Antiklinale nördlich von Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern (1924), XXVI–XXVIII.
 - (1927): Das Moosseetal, ein diluviales Fluss- und Gletschertal. – Mitt. natf. Ges. Bern (1926), 122–169.
 - (1934): Ältere und jüngere Diluvialschotter bei Bern. – *Eclogae geol. Helv.* 27/2, 352–368.
 - (1936): Exkursionskarte der Umgebung von Bern 1:75000. – Kümmerly & Frey, Bern (2. Aufl.).
- PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1901–1909): Die Alpen im Eiszeitalter (3 Bände). – Tauchnitz, Leipzig.
- PFISTER, T. & WEGMÜLLER, U. (1994): Beschreibung, Vergleich und Verbreitung der Bivalven-Arten aus den Belpbergsschichten (Obere Meeresmolasse, mittleres Burdigalien) in der Umgebung von Bern, Schweiz. 1. Teil: Palaeotaxodonta und Pteriomorphia, exklusive Ostreacea. – *Eclogae geol. Helv.* 87/3, 895–973.
- (1998): [...] 2. Teil: Ostreacea, Heterodonta pro parte (Lucinacea, Chamacea, Carditacea und Cardiacea). – *Eclogae geol. Helv.* 91/3, 457–491.
 - (1999): [...] 3. Teil: Heterodonta pro parte (Mactracea, Solenacea und Tellinacea). – *Eclogae geol. Helv.* 92/3, 394–449.
 - (2000): [...] 4. Teil: Veneracea. – *Eclogae geol. Helv.* 93/3, 445–470.
 - (2001): [...] 5. Teil: Heterodonta pro parte (Myacea, Hiatellacea, Pholadacea), Anomalodesmata (Pholadomyacea, Pandoracea, Clavagellacea), Nachtrag zu Palaeotaxodonta (Nuculacea, Nuculanacea), Pteriomorphia (Pectinacea) und Heterodonta (Carditacea, Cardiacea, Solenacea). – *Eclogae geol. Helv.* 94/3, 399–426.
- PREUSSER, F. & SCHLÜCHTER, C. (2004a): Quartärstratigraphie des Schweizer Mittellandes. Aare- und Emmental. Exkursionsführer der AGAQ-Tagung, 30.4.–2.5.2004, Wasen i.E. – Inst. Geol., Univ. Bern.
- (2004b): Dates from an important early Late Pleistocene ice advance in the Aare valley, Switzerland. – *Eclogae geol. Helv.* 97/3, 245–253.
- QUERVAIN, F. DE (1969): Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. – Kümmerly & Frey, Bern.
- (1970): Der Stein in der Baugeschichte Berns. – Mitt. natf. Ges. Bern [N.F.] 27, 9–26.
- RAMSEYER, R. (1953): Geologie des Wistenlacherberges (Mont Vully) und der Umgebung von Murten (Kt. Freiburg). – *Eclogae geol. Helv.* 45/2 (1952), 165–217.
- RUTSCH, R.F. (1926): Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse südlich von Bern. – *Eclogae geol. Helv.* 19/3, 673–678.
- (1928): Geologie des Belpbergs. Beiträge zur Kenntnis der Stratigraphie und Tektonik der marinen Molasse südlich von Bern. – Mitt. natf. Ges. Bern (1927), 1–194.
 - (1933): Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 66.
 - (1947): Molasse und Quartär im Gebiet des Siegfriedblattes Rüeggisberg (Kanton Bern). – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 87.

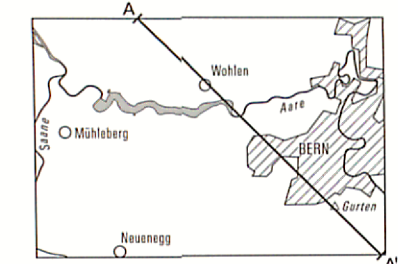
- (1955): Die fazielle Bedeutung der Crassostreen (Ostreidae, Mollusca) im Helvétien der Umgebung von Bern. – *Eclogae geol. Helv.* 48/2, 453–464.
- (1958): Das Typusprofil des Helvétien. – *Eclogae geol. Helv.* 51/1, 107–118.
- (1967): Blatt 332–335 (SA) Neuenegg–Oberbalm–Schwarzenburg–Rüeggisberg. – *Geol. Atlas Schweiz* 1:25000, Erläut. 26.
- RUTSCH, R.F. & SCHLÜCHTER, C. (1973): Stratigraphische Gliederung der Molasse im bernischen Mittelland. – *Mitt. natf. Ges. Bern* [N.F.] 30, 86–90.
- SCHAUB, S. & HÜRZELER, J. (1949): Die Säugetierfauna des Aquitanien vom Wischberg bei Langenthal. – *Eclogae geol. Helv.* 41/2 (1948), 354–366.
- SCHLÜCHTER, C. (1976): Geologische Untersuchungen im Quartär des Aaretals südlich von Bern (Stratigraphie, Sedimentologie, Paläontologie). – *Beitr. geol. Karte Schweiz* [N.F.] 148.
- (1989): Thalgut: Ein umfassendes eiszeitstratigraphisches Referenzprofil im nördlichen Alpenvorland. – *Eclogae geol. Helv.* 82/1, 277–284.
- SCHLÜCHTER, C. & KELLY, M. (2000): Das Eiszeitalter in der Schweiz (überarbeiteter Neudruck). – *Publ. int. geol. Correl. Program (IGCP) 378*, geol. Inst. Univ. Bern u. Stiftg. Landsch. u. Kies.
- SCHOEPFER, P. (1989): *Sédimentologie et stratigraphie de la Molasse marine supérieure entre le Gbloux et l'Aar*. – Thèse Univ. Fribourg.
- SCHUPPLI, H.M. (1950): Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz, III. Teil: Ölgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon. – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 26/3.
- STAEGER, D. (1988a): Baugrunderkennung der Stadt Bern und Umgebung 1:10000. In: *Die geologisch-geotechnischen Verhältnisse der Stadt Bern und Umgebung* (Erläuterungen zur Baugrunderkennung). – *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt.* 80.
- (1988b): Die geologisch-geotechnischen Verhältnisse der Stadt Bern und Umgebung (Erläuterungen zur Baugrunderkennung). – *Beitr. Geol. Schweiz, klein. Mitt.* 80.
- STEHLIN, H.G. (1914): Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung. – *Verh. natf. Ges. Basel* 25, 179–202.
- STUDER, B. (1825): *Beyträge zu einer Monographie der Molasse*. – C. A. Jenni, Bern.
- STUDER, T. (1889): Ueber die Arctomysreste aus dem Diluvium der Umgegend von Bern. – *Mitt. natf. Ges. Bern* (1888), 71–80.
- THALMANN, H. (1923): Die Fauna des Vindobonien vom Imihubel bei Niedermuhlern (Kt. Bern). – *Eclogae geol. Helv.* 18/2, 366–371.
- TÜRRLER, H. (1896): *Bern, Bilder aus Vergangenheit und Gegenwart*. – W. Kaiser, Bern.
- VAN DER LINDEN, W.J.M. (1963): Sedimentary structures and facies interpretation of some Molasse deposits (Sense-Schwarzwasser area, Canton Berne, Switzerland). – *De Wereld*, Eindhoven.
- WAGNER, G. (1997): Eiszeitliche Mittelmoränen im Berner Mittelland. – *Mitt. natf. Ges. Bern* [N.F.] 54, 91–137.
- (2001): Drumlins im Berner Mittelland? Eine begrifflich-morphologische Studie. – *Mitt. natf. Ges. Bern* [N.F.] 58, 97–114.
- WANNER, J. (1980): *Geologie des Quartärs im unteren Emmental*. – Diss. Univ. Bern.
- WELTEN, M. (1982): Pollenanalytische Untersuchungen im Jüngeren Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz. – *Beitr. geol. Karte Schweiz* [N.F.] 156.
- (1988): Neue pollenanalytische Ergebnisse über das Jüngere Quartär des nördlichen Alpenvorlandes der Schweiz (Mittel- und Jungpleistozän). – *Beitr. geol. Karte Schweiz* [N.F.] 162.
- ZIENERT, A. (1979): Die Würmeisstände des Aaregletschers um Bern und Thun. – *Heidelb. geogr. Arb.* 49, 10–34.

von
Alfred Isler



Tertiär

Lage des Profils



Massstab 1:25 000

