



Geologischer Atlas der Schweiz  
Atlas géologique de la Suisse  
Atlante geologico della Svizzera

1:25 000

# 1108 Murgenthal

Erläuterungen

verfasst von

THOMAS BITTERLI †, HANS ANDREAS JORDI,  
MARTIN EDUARD GERBER, CHRISTIAN GNÄGI  
und HANS RUDOLF GRAF

2011



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

Bundesamt für Landestopografie swisstopo

113

Geologischer Atlas der Schweiz  
Atlas géologique de la Suisse  
Atlante geologico della Svizzera

1:25 000

# 1108 Murgenthal

Erläuterungen

Mit 16 Textfiguren, 1 Tabelle und 2 Tafelbeilagen

verfasst von

THOMAS BITTERLI †, HANS ANDREAS JORDI,  
MARTIN EDUARD GERBER, CHRISTIAN GNÄGI  
und HANS RUDOLF GRAF

2011



Schweizerische Eidgenossenschaft  
Confédération suisse  
Confederazione Svizzera  
Confederaziun svizra

**Bundesamt für Landestopografie swisstopo**

### **Empfehlung für die Angabe in einem Literaturverzeichnis**

#### *Karte:*

JORDI, H. A., BITTERLI, T. † & GERBER, M. E. (2003): Blatt 1108 Murgenthal. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Karte 113.

#### *Erläuterungen:*

BITTERLI, T. †, JORDI, H. A., GERBER, M. E., GNÄGI, C. & GRAF H. R. (2011): Blatt 1108 Murgenthal. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 113.

### **Titelbilder**

#### *Umschlag:*

Mergel der Oberen bunten Molasse (Aquitanien) in der Ziegeleigrube St. Urban. Breite des Bildausschnitts ca. 2 m. Foto D. Kälin 2010.

#### *Erläuterungen:*

Sandstein der Aarwanger Molasse mit aufgearbeitetem Mergel (mud pebbles) an der Basis einer kleinen Rinne. Breite des Bildausschnitts ca. 10 cm. Lokalität Kellenboden (Koord. 628.490/234.455). Foto D. Kälin 2011.

### **Herausgeber**

© 2011, Bundesamt für Landestopografie, CH-3084 Wabern. – 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.

Das Bundesamt für Landestopografie swisstopo ist ein Unternehmensbereich der armasuisse.

ISSN 1420-2905

ISBN 3-906723-51-8

## INHALTSVERZEICHNIS

Vorwort .....	4
Zusammenfassung .....	6
Résumé .....	7
Riassunto .....	8
Abstract .....	9
Einleitung .....	10
Stratigraphie .....	12
Jura .....	12
Tertiär .....	18
Mittelländische Molasse .....	21
Intrajurassische Molasse und Jurasüdfussmolasse .....	29
Quartär .....	32
Pleistozän .....	33
Früh- bis Mittelpleistozän .....	33
Mittelpleistozän .....	34
Spätpleistozän .....	43
Holozän .....	48
Tektonik .....	51
Hydrogeologie .....	62
Rohstoffe .....	63
Bohrungen .....	66
Murgenthaltunnel .....	67
Literaturverzeichnis .....	68
Kartenverzeichnis .....	74

## VORWORT

Das Atlasblatt Murgenthal ist ein weiterer Mosaikstein in der Abdeckung des zentralen schweizerischen Mittellandes mit den Karten des Geologischen Atlas 1: 25 000. Mit ihm liegt erstmals seit 1912 wieder eine aktuelle geologische Karte für dieses Gebiet vor.

Die Kartierung der Molasse und des Quartärs durch Dr. Martin E. Gerber wurde 1993 fertiggestellt. Für die Kartierung des Juraanteiles im NW konnte 1994 mit Dr. Thomas Bitterli ein kompetenter Jurageologe gewonnen werden. Sein viel zu früher, tragischer Tod erzwang einen Unterbruch bei der Bearbeitung des Blattes. Vor der Drucklegung der Karte wurden die vorhandenen Informationen von Dr. Hans Andreas Jordi durch neue Beobachtungen ergänzt (Seismik, Bohrungen, Kraftwerkbauten, Quartär, künstliche Aufschlüsse SBB-Neubaustrecke usw.).

Zwischen der Drucklegung der Karte 2003 und dem Erscheinen der Erläuterungen 2011 erfolgten im Gebiet des Atlasblattes mehrere Forschungsarbeiten zur Quartärstratigraphie. Die daraus resultierenden Erkenntnisse erforderten eine grundlegende Überarbeitung des quartärstratigraphischen Anteils der Erläuterungen, welche von Dr. Christian Gnägi und Dr. Hans Rudolf Graf durchgeführt wurde.

Die Geologische Landesaufnahme dankt den Autoren für ihre geleistete Arbeit. Dank geht auch an all jene, die durch das Einbringen von Informationen oder kritischen Ratschlägen zum Gelingen der vorliegenden Karte und der dazugehörigen Erläuterungen beigetragen haben. Dank gilt ebenfalls den öffentlichen Diensten und privaten Büros, welche durch das Öffnen ihrer Archive Zugang zu bislang unveröffentlichten Daten gewährten. Speziell hervorzuheben sind: das Amt für Wasserwirtschaft des Kantons Solothurn, die Abteilung Neubaustrecken der Schweizerischen Bundesbahnen, das Büro Colombi-Schmutz-Dorthe AG in Liestal und die archäologischen Dienste der Kantone Aargau, Solothurn, Luzern und Bern. Im Besonderen möchten wir die Aktiengesellschaft für Schweizerisches Erdöl SEAG dafür dankend erwähnen, dass sie Hans Andreas Jordi die Erlaubnis zur Sichtung ihrer seismischen Profile im mittelländischen Anteil des Atlasblattes gewährt hat.

Die Redaktion der Erläuterungen erfolgte bis Ende 2006 durch Peter Hayoz, danach durch Dr. Daniel Kälin.

Dr. Reinhart Gygi (Zürich) und Dr. Reto Burkhalter (Landesgeologie, Wa-bern) begutachteten die Jurastratigraphie und brachten aktuelle Erkenntnisse ein.

Im Namen der Schweizerischen Geologischen Kommission begutachtete Prof. Dr. Jean-Pierre Berger den Inhalt der Erläuterungen, Dr. Hans Rudolf Graf eine frühe Version des Quartärteils.

Dr. Laurent Jemelin, Alessia Vandelli und Dr. Milan Beres zeichnen für die französische, italienische bzw. englische Zusammenfassung verantwortlich.

Die kartografischen Arbeiten führten Hanspeter Stöckli und Remo Trüssel aus, die Textfiguren und Tafeln wurden von Peter Hayoz und Dr. Daniel Kälin grafisch bearbeitet. Den Schriftsatz gestaltete Edith Steiner.

Juni 2011

Bundesamt für Landestopografie  
Geologische Landesaufnahme

## ZUSAMMENFASSUNG

Das Gebiet des Atlasblattes Murgenthal des Geologischen Atlas der Schweiz 1: 25 000 ist geologisch und morphologisch zweigeteilt. Im Nordwesten wird mit der Weissensteinkette die südlichste Kette des Faltenjuras gerade noch gestreift. Die Klus von Balsthal gewährt einen tiefen Einblick in ihren Kern, der eine verfaltete Überschiebung enthält. Weiter im Osten bringt die der Weissensteinkette vorgelagerte Born-Antiklinale die mesozoische Unterlage des Molassebeckens nochmals an die Oberfläche.

Der mittlere und der südliche Teil des Kartengebietes liegen am Nordrand des mittelländischen Molassebeckens; grosse Teile sind jedoch durch glaziale Ablagerungen bedeckt. Die Abfolge der Unteren Süsswassermolasse umfasst im Westen an der Basis Süsswasserablagerungen (Kalke), darüber folgen die feindetritischen Ablagerungen der Aarwanger bzw. Elsässer Molasse. Die Untere bunte Molasse, die Kalksandsteinserie und die Obere bunte Molasse sind die nächstfolgenden, ca. 1150–1300 m mächtigen Schichtglieder. Im Osten bzw. Südosten des Kartengebietes fehlen über dem Mesozoikum die Süsswasserkalke, die Aarwanger Molasse und eventuell ein Teil der Unteren bunten Molasse. Dies deutet darauf hin, dass der Ostteil des Kartengebietes zur Zeit des Chattiens eine Hochzone darstellte. Ganz im Süden des Atlasgebietes treten noch Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse auf (Luzerner Formation).

Während der Letzten Eiszeit erreichte der Rhonegletscher in seinem Maximalstand nur noch ganz knapp den Süd- und Westrand des Kartengebietes; dies ist durch einen heute verwaschenen und verschwemmten Endmoränengürtel dokumentiert. Diesem vorgelagert sind ausgedehnte glazifluviale Schotterfelder der Niederterrasse. Die morphologisch scheinbar relativ einheitliche Niederterrasse geht auf mehrere Akkumulationsphasen zurück und ist – entgegen der bisherigen Auffassung – teilweise einer Spätphase der Vorletzten Eiszeit (Beringen-Eiszeit) zuzurechnen. Dies kann anhand von ausserhalb des vermutlichen letzteiszeitlichen Maximalstandes vorkommenden Moränenlagen innerhalb der Schotterabfolgen sowie bodenkundlichen Befunden belegt werden. Aus der Niederterrasse ragen, vor allem im Gebiet südlich Kestenholz – Neuendorf (Hügelzug Längwald-Eichban), Schotter älterer Vergletscherungen heraus (Hochterrassenschotter). Die Schotter der Niederterrasse überlagern, wie aus zahlreichen Bohrungen hervorgeht, ältere Rinnen- und Beckenstrukturen. Die Beckenstrukturen im Gäu, bei Wynau, Berken und Aarburg enthalten an ihren tiefsten Stellen überwiegend Seeablagerungen. In diesen treten jedoch auch Moränenlagen auf, womit die Beckensedimente einer älteren, möglicherweise der Vorletzten Eiszeit, zugeordnet werden müssen.

## RÉSUMÉ

La région de la feuille Murgenthal de l'Atlas géologique de la Suisse 1:25 000 est divisée géologiquement et morphologiquement en deux parties. Au nord-ouest, la chaîne la plus méridionale du Jura plissé, le chaînon du Weissenstein, est encore juste effleuré. La cluse de Balsthal offre une vue dans son cœur, qui comporte un chevauchement replissé. Plus à l'est, l'anticlinal du Born, situé devant la chaîne du Weissenstein, amène une fois encore le soubassement mésozoïque du bassin molassique à la surface.

Les terrains de la partie centrale et méridionale de la carte appartiennent à la bordure nord du Bassin molassique. Ils sont cependant largement recouverts de dépôts glaciaires. A l'ouest, la séquence de la Molasse d'eau douce inférieure comprend à sa base des dépôts de calcaires d'eau douce, surmontés par les dépôts finement détritiques de la Molasse d'Aarwangen, respectivement de la Molasse alsacienne dans les plis jurassiens. La Molasse bigarrée inférieure («Untere bunte Molasse»), la Série des grès calcaires («Kalksandsteinserie») et la Molasse bigarrée supérieure («Obere bunte Molasse») sont les formations qui font suite, d'une épaisseur de 1150–1300 m. A l'est, respectivement au sud-est de la région couverte par la carte, les calcaires d'eau douce, la Molasse d'Aarwangen et éventuellement une partie de la Molasse bigarrée inférieure font défaut sur le Mésozoïque. Cela signifie que la partie orientale de la carte représentait une zone surélevée au Chattien. Tout au sud de la feuille affleurent des dépôts de la Molasse marine supérieure («Luzerner Formation»).

Pendant la dernière période glaciaire, le glacier du Rhône a tout juste atteint, dans son extension maximale, la bordure sud et ouest de la carte, ce que montre une ceinture de moraines terminales imbriquées et délavées. A son front se trouvent les plateaux de graviers fluvioglaciaires de la Terrasse inférieure («Niederterrasse»). La Terrasse inférieure, d'apparence morphologique relativement homogène, résulte de plusieurs phases d'accumulation et doit être attribuée partiellement – contrairement à l'avis exprimé jusque ici – à une phase tardive de l'avant-dernière période glaciaire («Beringen-Eiszeit»). Cela peut être attesté par la présence de dépôts morainiques au sein de la séquence de graviers au delà du stade maximum présumé de la dernière période glaciaire, ainsi que par des observations pédologiques. Des graviers issus de glaciations antérieures (graviers des Terrasses supérieures, «Hochterrassenschotter») apparaissent surtout dans la région au sud de Kestenholtz-Neuendorf (chaînon des collines de Längwald-Eichban), entourés des graviers de la Terrasse inférieure. Les graviers de la Terrasse inférieure, comme on peut le déduire de nombreux forages, surmontent d'anciens sillons et bassins. Le bassin de la plaine de la Dünner (Gäu) et ceux près de Wynau, Berken et Aarbourg contiennent dans leur partie la plus profonde principalement des dépôts lacustres. On y trouve aussi des dépôts morainiques, ce qui indique que les sédiments de ces bassins doivent être attribués à une période glaciaire plus ancienne, peut-être à l'avant-dernière période glaciaire.

## RIASSUNTO

La regione del foglio Murgenthal dell'Atlante geologico della Svizzera 1: 25 000 è divisa geologicamente e morfologicamente in due parti. A nord-ovest, si trova la catena più meridionale del Giura a pieghe, le colline del Weissenstein sono appena sfiorate. La valle di Balsthal offre una visuale del proprio interno che comporta un sovrascorrimento ripiegato. Più a est, l'anticlinale del Born, situata davanti alla catena del Weissenstein, porta il basamento mesozoico del bacino molassico alla superficie.

I territori della parte centrale e meridionale della carta appartengono al limite settentrionale del bacino molassico. Ciononostante essi sono ampiamente ricoperti di depositi glaciali. A ovest, la sequenza della Molassa d'acqua dolce inferiore comprende alla propria base dei depositi di calcare d'acqua dolce, sormontati da depositi finemente detritici della Molassa d'Aarwangen, rispettivamente dalla Molassa alsaziana nelle pieghe giurassiane. Le formazioni successive sono: la Molassa variopinta inferiore («Untere bunte Molasse»), la Serie di arenarie calcari e la Molassa variopinta superiore («Obere bunte Molasse»); per uno spessore di 1150–1300 m. A est, rispettivamente a sud-est della regione coperta dalla carta, i calcari d'acqua dolce, la Molassa d'Aarwangen ed eventualmente una parte della Molassa variopinta inferiore, sono prive di Mesozoico. Ciò implica che la parte orientale della carta rappresentava un'elevazione topografica durante il Chattiano. Completamente a sud del foglio affiorano dei depositi di Molassa marina superiore («Luzerner Formation»).

Durante l'Ultimo periodo glaciale, il Ghiacciaio del Rodano raggiunge appena il bordo sud ed est della carta, dove una cintura di morene terminali sovrapposte, oggi dilavate, ne testimoniano l'estensione massima. Al suo fronte si trovano depositi di ghiaie fluvio-glaciali del Terrazzo alluvionale inferiore («Niederterrasse»). Il Terrazzo alluvionale inferiore, d'aspetto morfologico relativamente omogeneo, è il risultato di molteplici fasi di accumulazione e – contrariamente all'opinione espressa sino ad ora – essa deve essere parzialmente attribuita ad una fase tardiva del Penultimo periodo glaciale («Beringen-Eiszeit»). Ciò può essere provato dalla presenza di depositi morenici all'interno della sequenza di ghiaie oltre al presunto stadio massimo dell'ultimo periodo glaciale, nonché dalle osservazioni pedologiche. Ghiaie prodotte da glaciazioni anteriori (ghiaie dei Terrazzi alluvionali superiori, «Hochterassenschotter») appaiono soprattutto nella regione al sud di Kestenhholz-Neuendorf (colline di Längwald-Eichban), contornate dalle ghiaie del Terrazzo alluvionale inferiore. Queste ultime, come si può dedurre da numerosi sondaggi, sormontano antichi canali e bacini. Nella propria parte più profonda, i bacini della piana del Dünnern (Gäu), presso Wynau, Berken e Aarbourg, contengono principalmente dei depositi lacustri. Vi si trovano anche dei depositi morenici, i quali indicano che i sedimenti di questi bacini devono essere imputati ad un periodo glaciale più antico, forse il Penultimo periodo glaciale.

## ABSTRACT

The area of the map sheet 1108 Murgenthal of the Geological Atlas of Switzerland 1:25 000 is divided into two parts based on geology and morphology. In the northwest, the Weissenstein range of the Folded Jura Mountains reaches the area of the map sheet. The Balsthal gorge allows a deep insight into the core of this anticline, which contains a folded thrust fault. Further to the east, Mesozoic limestones, which form the Born anticline, come to the surface and are surrounded by deposits of the Molasse basin.

The central and southern part of the map area comprise the northernmost part of the Molasse basin; however, large areas are covered by glacial sediments. In the west, the Lower Freshwater Molasse is composed of basal freshwater limestones overlain by fine-grained sediments the «Aarwangen» and «Alsace Molasse». The following succession of «Untere bunte Molasse», «Kalksandsteinserie» and «Obere bunte Molasse» are together ca. 1150–1300 m thick. In the east and southeast, the freshwater limestones, the «Aarwangen Molasse» and probably a part of the «Untere bunte Molasse» are missing above the Mesozoic substrate of the Molasse basin, indicating a topographic high in the east during the Chattian. The southernmost part of the map sheet consists of sandstones of the succeeding Upper Marine Molasse (Lucerne Formation).

During the last Ice Age, the Rhone Glacier reached its maximum extent at the southern and western boundaries of the map area, as documented by a washed-out terminal moraine belt. In front of the terminal moraine belt glaciofluvial gravels of the Niederterrasse formed the plain of the Dünner valley (Gäu). The apparently uniform morphology of the Niederterrasse accumulated in several phases and is – contrary to the previous conception – partially attributed to a late phase of the penultimate Ice Age (Beringen Ice Age). This is supported by pedological studies as well as till-occurrences within the gravel sequences beyond the presumed maximum extent of the last Ice Age. Gravels of older glaciations (Hochterrasenschotter) form a plateau above the niveau of the Niederterrasse, especially in the area south of Kestenholz–Neuendorf. As revealed by numerous borehole data, the gravels of the Niederterrasse overlie older channel and basin structures in the subsurface. In its deepest parts, the basin structures in the Dünner valley, and nearby Wynau, Berken und Aarburg contain predominantly lake sediments. Till deposits within these lake sediments infer a formation during an older Ice Age, possibly during the penultimate Ice Age.

## EINLEITUNG

Das Gebiet des Atlasblattes Murgenthal ist geologisch und morphologisch zweigeteilt. Im Norden liegen die südlichsten Ketten des Faltenjuras und die ihnen vorgelagerte Born-Antiklinale, wo die mesozoische Unterlage des Molassebeckens nochmals an die Oberfläche tritt. Der mittlere und der südliche Teil des Kartengebiets liegen am Nordrand des mittelländischen Molassebeckens, welches grossenteils durch glaziale Ablagerungen bedeckt ist.

### *Faltenjura*

Im Nordwesten liegt die Weissenstein-Antiklinale, in deren komplizierten Aufbau von Dogger und Malm die Klus von Balsthal teilweise Einblick gewährt. In diesem Einschnitt findet sich eines der historischen Beispiele für eine verfaltete Überschiebung. Grosse Anteile der Südflanke dieser Struktur sind durch mächtige Sackungs- und Hangschuttmassen bedeckt, so dass der Übergang zum Molassebecken nur schlecht belegt ist. Eine seismische Linie vom Molassebecken durch die Balsthaler Klus zeigt jedoch, dass die Südflanke der Weissenstein-Antiklinale erheblich über die Molasse rücküberschoben wurde.

Im Nordosten liegt die Born-Antiklinale, die als sanfte, langgestreckte Kuppe 300 m aus der Molasse herausragt. Diese Struktur taucht nach Südwesten als flache Malmplatte unter die Molasse ab.

### *Molassebecken*

Der zentrale und südliche Teil des Kartenblattes liegen am Nordrand des Molassebeckens. Die tiefsten Schichten der Unteren Süsswassermolasse (USM) sind zwischen Aarwangen und Murgenthal gut aufgeschlossen, da die ausgeprägte Aufwölbung der Wynau-Antiklinale diese ältesten Molasseschichten nochmals an die Oberfläche bringt. Diese ältesten Molasseablagerungen fehlen am Jurafuss östlich von Oberbuchsiten und an der Nordflanke der Born-Antiklinale sowie vermutlich in weiten Gebieten des östlichen Kartengebietes (vgl. Bohrung Pfaffnau-1), wo jüngere Schichten der USM diskordant an synsedimentäre Hochlagen (Sockelstrukturen) anlagern.

Ablagerungen der Oberen Meeresmolasse (OMM, Luzerner und St. Galler Formation) sind nur im südöstlichen Teil des Kartenblattes vorhanden.

### *Glaziale Ablagerungen*

Mehrere Eiszeiten überprägten das Kartengebiet. Die ältesten glazialen Ablagerungen stellen die knapp über 500 m ü.M. reichenden Schotter des Hügeltzuges südlich des Dünnerntales («Hochterrassenschotter») sowie die Moränenrelik-

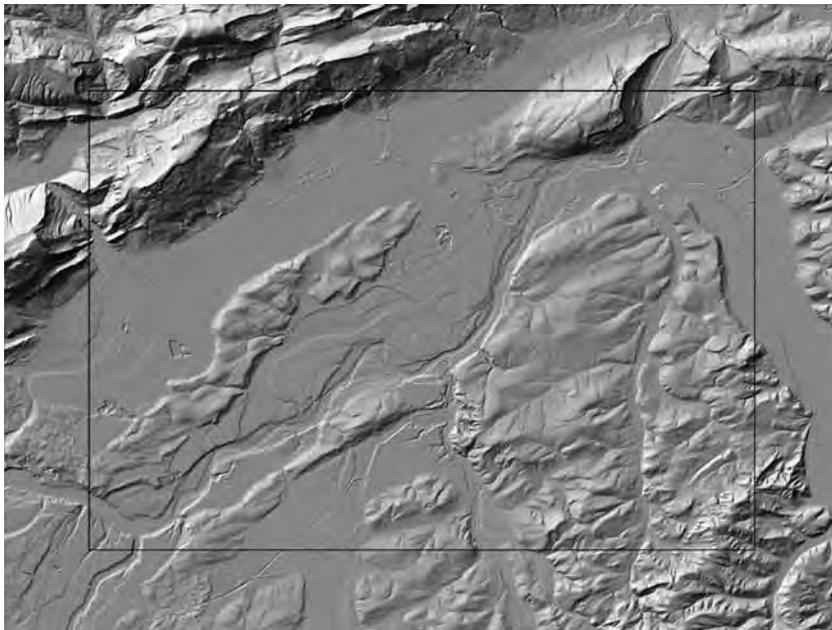


Fig. 1: Digitales Terrainmodell von Atlasblatt Murgenthal und Umgebung. Massstab 1: 200 000.

te auf den Jurahöhen dar. Weite Gebiete des Atlasblattes sind zudem von Grundmoräne einer älteren Eiszeit bedeckt. Die letzte Vergletscherung («Würm»-Eiszeit) dagegen erreichte während ihres Maximalstandes nur noch den Süd- und Westrand des Kartengebietes, dokumentiert durch einen heute verwaschenen, verschwemmten Endmoränengürtel. Ausserhalb dieses Moränengürtels (Oberbipp-Walliswil-Berken-Spichigwald-Bützberg) prägen ausgedehnte glazifluviale Schotterfelder, die sogenannten Niederterrassen, das Landschaftsbild im Langeten- und Rottal und vor allem entlang der Weissensteinkette im Dünnernegebiet (Gäu). Die Niederterrassenschotter im heutigen Aaretal wurden später durch erneutes Einschneiden der Aare grösstenteils wieder ausgeräumt. Durch den mäandrierenden Verlauf der Aare entstanden tiefer liegende Erosionsterrassen, bedeckt von aufgearbeitetem glazifluviatitem Material.

# STRATIGRAPHIE

## JURA

### **Dogger** (inkl. frühes Oxfordien)

(von M. E. Gerber)

#### **a<sub>1</sub> Opalinus-Ton** (frühes Aalénien)

Der Opalinus-Ton ist eine im Kartengebiet 100–110 m mächtige Abfolge aus dunkel- bis schwarzgrauem Glimmer führendem z.T. kalkigem Tonstein (Pelit) mit einem Quarzgehalt von 10–30 % (Nagra 2008). Untergeordnet treten Siltstein- und Feinsandsteinlagen sowie Lagen mit knolligen Karbonatkonkretionen auf (ALLIA 1996, WETZEL & ALLIA 2003, s.a. BLÄSI 1987).

Der Tonstein verwittert leicht zu graugelblichem plastischem Lehm, der in Hanglagen zu Rutsch- und Kriechbewegungen neigt, was die schlechten Aufschlussverhältnisse in den Gebieten Usser Eschenholz (Koord. 620.120/241.900) und Hesselberg (Koord. 620.440/238.630) in den Klusen von Mümliswil und Balsthal-Oensingen erklärt. Der nächstgelegene gute Aufschluss befindet sich in der Tongrube Fasiswald (ETTER 1990) nördlich von Hägendorf (LK-Blatt 1088 Hauenstein).

#### **a<sub>2</sub>-i<sub>1</sub> Passwang-Formation** (spätes Aalénien – mittleres Bajocien)

Die Mächtigkeit der Passwang-Formation im Gebiet von Blatt Murgenthal beträgt ca. 65–70 m (TSCHUMI 1983). Ausgedehnte Hangschutttschleier des darüber liegenden Hauptrogensteins beeinträchtigen die Aufschlussverhältnisse derart, dass sich die Einheit nicht gliedern und detailliert beschreiben lässt. Ein einziger nennenswerter Aufschluss befindet sich südlich von Usser Eschenholz (Klus von Mümliswil, Koord. 620.300/241.740).

Das von TSCHUMI (1983) beim Hesselberg (Klus von Balsthal, Koord. ca. 620.550/238.750) beschriebene *Sissach-Member* («Murchisonae-Schichten») ist heute nicht mehr aufgeschlossen. Mit scharfem Kontakt zum Opalinus-Ton war dort ein 2,4 m mächtiger gelblich-rostig anwitternder echinodermenreicher Kalkarenit (Enkrinit) mit einem Hartgrund am Top zu beobachten. Darüber lag ein 0,6 m mächtiger Eisenoolith, der von einer dicken Limonitkruste abgeschlossen wurde. In beinahe identischer Ausbildung ist das Sissach-Member an der Lokalität Voremberg bei Rumisberg aufgeschlossen (Koord. 614.650/236.180, LK-Blatt 1107 Balsthal; TSCHUMI 1983, MARTIN 1984, BURKHALTER 1993, 1996).

Es kann nicht gesagt werden, ob das *Hauenstein-Member* («Concava-Schichten») sowie das *Hirnichopf-* und das *Waldenburg-Member* («Sowerby-Schichten») im oberen Teil des Eisenooliths in kondensierter Form vorliegen bzw. fehlen, wie dies in der Weissensteinkette der Fall ist, oder aber, wie nordöstlich des Kartengebietes, als geringmächtige, vorwiegend siltig-tonige und mergelige Einheiten ausgebildet sind (BURKHALTER 1996). Aufgrund der regionalen Faziesentwicklung ist davon auszugehen, dass das *Brüggli-Member* («Sauzei-» und «Humphriesi-Schichten») und das *Rothenfluh-Member* («Blagdeni-Schichten») im Kartengebiet vorhanden sind (BURKHALTER 1996, s. a. GONZALEZ 1993). Es ist damit zu rechnen, dass das Brüggli- und das Rothenfluh-Member im Wesentlichen aus einer gebankten bis knauerigen Abfolge aus hellgrauem, gelbbraun anwitterndem, Silt bis Feinsand führendem Mergel(-kalk) und sandig-biodetritischem Kalk aufgebaut sind (vgl. BURKHALTER 1996), mit Ausnahme der wenige Meter mächtigen, aus eisenschüssigem Kalk und Eisenoolith bestehenden «Humphriesi-Schichten». Der Übergang vom Rothenfluh-Member zum Hauptrogenstein ist fließend (TSCHUMI 1983, MARTIN 1984).

#### **i<sub>10</sub> Hauptrogenstein** (spätes Bajocien – Bathonien)

Der 90–100 m mächtige Hauptrogenstein umfasst folgende, auf der Karte nicht ausgeschiedene Schichtglieder (vgl. GONZALEZ 1993, GONZALEZ & WETZEL 1996):

*Unterer Hauptrogenstein* (ca. 60 m): Über mergeligen Lagen an der Basis (*Untere Acuminata-Schichten*) folgen erst rund 20 m gebankter sandiger Kalk mit Kreuzschichtung und darüber heller, gelbbrauner Kalkoolith, zum Teil auch spätiger bis dichter Kalk mit linsenförmigen Anreicherungen von Ooiden und biodetritischen Lagen (Korallen, Seeigel, Muscheln).

*Oberer Hauptrogenstein* (ca. 30 m): Über 1 m braunem Mergel (*Obere Acuminata-Schichten*) liegt blau- bis beigegrauer Kalk, zum Teil mit Biodetritus (Muscheln, Korallen) und Ooiden, oft sandig oder mergelig ausgebildet, mit schlecht gerundeten Intraklasten, der nach oben in dünngebankten weisslichen bis gelblichen fein- bis mittelkörnigen Kalkoolith übergeht, der zuoberst wiederum reichlich Biodetritus führt.

*Grober Oolith (Ferrugineus-Schichten; ca. 5,5–7 m)*: graublauer, rotbraun anwitternder groboolithischer Kalk, zum Teil leicht mergelig.

Der Hauptrogenstein tritt in der Klus von Balsthal als Felswände oder bewaldete Steilhänge morphologisch stark in Erscheinung. Der obere Teil des Hauptrogensteins ist hinter der oberen Erlinsburg aufgeschlossen (Koord. 619.100/237.375, LK-Blatt 1107 Balsthal, GONZALEZ 1993). Aufschlüsse des Groben Ooliths finden sich am Maiacker (Koord. 620.310/238.480) sowie bei Bränten (Koord. 620.860/238.580).

#### i<sub>2-4</sub> **Varians- bis Herznach-Schichten** (Bathonien – frühes Oxfordien)

Die rund 50 m mächtige Schichtfolge zwischen dem Haupttrogenstein und den Birnenstorfer Schichten wurde zu einer Kartiereinheit zusammengefasst. Über dem Hartgrund im Dach des Haupttrogensteins folgen gemäss BITTERLI (1977) die *Varians-* inkl. *Macrocephalus-Schichten* (ca. 8,5 m): unten Mergel mit Kalkknauerlagen, der in eisenschüssigen, lokal fossilreichen Kalkarenit mit Mergelzwischenlagen übergeht. Darüber liegen der *Callovien-Ton* (ca. 19 m), das *Áquivalent der Dalle nacrée* (rostbrauner knaueriger feinspätiger Kalk, ca. 15 m) und die geringmächtigen eisenoolithischen *Herznach-Schichten* (Herznach-Formation, GYGI 2000).

### Malm

(von T. Bitterli †)

Auf Atlasblatt Murgenthal wurden für die Einheiten des Späten Juras (Malm) noch ältere Bezeichnungen (MOESCH 1857, 1863, GYGI 1969) verwendet. Aus Gründen der Konsistenz werden diese Einheiten hier unter denselben Namen wie in der Kartenlegende beschrieben. Die heute gültigen, vom Stratigraphischen Komitee der Schweiz SKS akzeptierten Einheitsnamen (GYGI 2000, 2003, REMANE et al. 2005) werden im Text erwähnt.

Das Gebiet von Atlasblatt Murgenthal befand sich im mittleren Oxfordien noch vollständig im Bereich der argovischen Beckenfazies (*Wildegge-Formation*). Im Verlauf des späten Oxfordiens verschob sich die Grenze zur raurachischen Fazies (im NW) immer weiter nach Osten. Entsprechend finden sich im Westteil des Blattgebietes (Roggen, Born) mit der *Balsthal-Formation* die Bildungen der raurachischen Plattform, die am Born mit einem Riffgürtel (*Olten-Korallenkalk*) endete. Demgegenüber erlaubt der distale Charakter der zeitgleichen Ablagerungen im Gebiet des östlichen Blattrandes eine Korrelation mit der für den Aargauer Jura typischen *Villigen-Formation* (schwäbische Fazies). Ein vergleichbarer Fazieswechsel zeigt sich auch in den Kalken des Kimméridgiens zwischen der *Reuchenette-Formation* im Plattformbereich und der (auf Blatt Murgenthal nicht ausgeschiedenen) *Burghorn-Formation* im distaleren Ablagerungsraum.

### Wildegge-Formation

#### i<sub>5B</sub> **Birnenstorfer Schichten** (mittleres Oxfordien)

Die Birnenstorfer Schichten (*Birnenstorf-Member*) folgen über dem Hartgrund im Dach der Herznach-Schichten. Es handelt es sich um eine 5–20 m mächtige Abfolge von vorwiegend beigem bis blaugrauem mikritischem Kalk mit splitt-

rigem Bruch. Zwischengeschaltet treten Bänder aus fossilreichem Mergel und Mergelkalk auf. Teilweise enthalten die Birnenstorfer Schichten Glaukonit und Pyrit. Die typischen Schwämme finden sich vor allem in den unteren Lagen der Einheit (WIEDENMAYER 1923). Funde von gut erhaltenen Schwämmen beschrieb OPPLIGER (1914) von Oensingen, Oberbuchsiten und Egerkingen. Aus den Mergellagen lässt sich lokal eine reiche Kleinfafauna (vor allem Crinoiden) ausschlämmen (z. B. Lokalität Flüematt bei Egerkingen, LEUTHARDT 1928).

Die Birnenstorfer Schichten bilden oft eine Geländerippe. Gut ersichtlich ist dies östlich oberhalb der Klus von Balsthal, wo sie die grösste Mächtigkeit im Kartengebiet erreichen. Im Gebiet Wishöchi-Egg nördlich von Oberbuchsiten ist die Einheit grossflächig verbreitet. Beinahe vollständige Profile sind am Önsinger Roggen beim Längstich (Koord. 621.160/238.950), bei der Alphöchi NW Oberbuchsiten und im Kern der Born-Antiklinale am linken Aareufer bei Rutigen nördlich von Aarburg (LK-Blatt 1088 Hauenstein) aufgeschlossen.

#### **i<sub>5E</sub> Effinger Schichten (mittleres-spätes Oxfordien)**

Die Effinger Schichten (*Effingen-Member*) bestehen aus einer Abfolge von blaugrauem Kalkmergel mit Einschaltungen von hellgrauem tonigem Kalk (Nagra 2008). Der Kalk ist fossilarm und weist gelegentlich siltige Lagen auf. Isolierte Aufschlüsse von Effinger Schichten finden sich an Wegböschungen, Steilhängen und in Bachrungen. Einen prächtigen Aufschluss zumindest der obersten Schichtanteile bietet der grosse Zementsteinbruch auf der Nordseite des Borns (LK-Blatt 1088 Hauenstein).

Lokal enthalten die Effinger Schichten immer wieder mehrere Meter mächtige Kalkbankabfolgen (GYGI 2000, Nagra 2008), teilweise in Wechsellagerung mit Mergelschichten. Ein ausgesprochen schönes Beispiel liegt im Aufschluss Mösli-loch westlich von Egerkingen vor (Koord. 625.900/241.500), wo die Effinger Schichten lithologisch kaum von den Birnenstorfer Schichten zu unterscheiden sind. Im Zementsteinbruch am Born sind die obersten 5,5 m der Effinger Schichten ebenfalls sehr kalkreich. Eine einzelne Schicht unmittelbar unter den Geissberg-Schichten (Villigen-Formation) enthält eine reiche Brachiopoden- und Muschelfauna (Brachiopodenkalk, KEHRER 1922).

Die Mächtigkeitsbestimmung der Effinger Schichten ist im Kartengebiet schwierig, da nirgends die ganze Einheit aufgeschlossen ist und der Mergel stark zur Bildung von Gleithorizonten neigt. So ist vermutlich praktisch die ganze Südflanke des Roggens NE Oensingen als riesige Sackungsmasse auf den Effinger Schichten abgeglitten, und die beidseitigen steilstehenden Antiklinalschenkel (z. B. nördlich Ravellen) dürften tektonisch um einige Dutzend Meter reduziert sein. Gemäss den wenigen Angaben aus der Umgebung und aus Profilkonstruktionen lässt sich für den Roggen (Oensingen bis Egerkingen) eine stratigraphische Mächtigkeit von rund 140 m abschätzen. Gegen Südosten nimmt die Mächtigkeit

grundsätzlich zu, dürfte am Born die 200-m-Grenze erreichen und beträgt in der Bohrung Pfaffnau-1 (Koord. 632.708/231.789; BÜCHI et al. 1965a, b) 212 m. Dieser Wert wird wenige Kilometer östlich durch die Bohrung Altishofen-1 (FISCHER & LUTERBACHER 1963) bestätigt.

### Höherer Malm

#### **i<sub>6-7</sub>** **Balsthal-Formation** (spätes Oxfordien – frühes Kimméridgien)

Für das Kartengebiet können in der Balsthal-Formation folgende Schichtglieder unterschieden werden:

Das *Steinibach-Member* wird von bräunlichem, im Vergleich zum hangenden Holzflue-Member gut gebanktem Kalkoolith gebildet. Die Mächtigkeit beträgt in der Klus von Balsthal rund 25 m (MEIER 1977); gegen Osten liegen wegen des bedeckenden Hangschuttes keine vollständigen Profile mehr vor, die Mächtigkeit dürfte aber generell abnehmen.

Das helle, massige, meist oolithische *Holzflue-Member* (40–45 m) unterscheidet sich vom Steinibach-Member vor allem durch seine schlechte Bankung. Der obere Abschluss ist im Gelände zuweilen durch eine Fels- oder Geländekante gegeben. Charakteristisch ist die «verwischte» oolithische Textur, d. h. die (rekristallisierten) Ooide wittern weiss und scharf begrenzt heraus, sind aber in der frischen Bruchfläche kaum erkennbar. Vom Roggen aus in östlicher Richtung nimmt der Mikritgehalt des Holzflue-Members bis zum Kontakt mit dem *Olten-Korallenkalk* am Born kontinuierlich zu. Dieses weitere Member der Balsthal-Formation konnte im Feld ausgeschieden werden und wird deshalb getrennt beschrieben.

#### **i<sub>6k</sub>** **Olten-Korallenkalk** (spätes Oxfordien – frühes Kimméridgien)

Beim Olten-Korallenkalk (*Olten-Member*) handelt es sich um einen ca. 20 m mächtigen gelblichweissen massigen mikritischen Kalk. Er enthält bis zu 10 cm dicke und mehrere Meter breite Hydrozoenschwarten sowie Korallen, die jedoch gesamthaft kaum 10 % des Gesteins ausmachen. Im untersten Teil kommen Kalkooide und grosse Silexknollen vor.

#### **i<sub>6-7</sub>** **Villigen-Formation** (spätes Oxfordien – frühes Kimméridgien)

Die östlich der Aare auftretende Villigen-Formation kann besonders gut im Aufschluss Heidenloch (Koord. 636.900/241.970) beobachtet werden. Sie wird in folgende Schichtglieder gegliedert, von denen nur das unterste, das *Geissberg-Member*, ausgeschieden wurde (s.u.):

Das *Crenularis-Member* (3–4 m) besteht aus einem rau und knollig-linsig anwitternden, teilweise limonitisierten Kalk mit reichlich Biodetritus und einzelnen

Mergelbändern. Mangels anderer Kriterien wird die Obergrenze beim Übergang zu dicken Bänken ohne Mergelzwischenlagen angenommen.

Das *Wangen-Member* (ca. 10 m) ist durch eine massige, dickbankige Ausbildung gekennzeichnet. Es handelt sich um einen leicht rötlichen, hellen Mikrit mit muscheligen Bruch. Der fossilarme Kalk enthält weissrindige Silixknollen. Eine sichere Abgrenzung zum Letzi-Member im Hangenden ist nur dort möglich, wo die 0,1–0,2 m mächtige *Knollenschicht*, ein scharf begrenztes Glaukonit führendes Mergelband, nachweisbar ist.

Das *Letzi-Member* (ca. 25 m) zeigt praktisch dieselbe Ausbildung wie das Wangen-Member. Im Steinbruch Heidenloch sind dies rund 15 m massige rostrot anwitternde mikritische Kalkbänke, gefolgt von 5 m gut gebankten zurückwitternden hellen Mikritbänken und nochmals 5 m massigen dunkelrötlich anwitternden Kalkbänken.

#### **i<sub>6G</sub> Geissberg-Schichten** (spätes Oxfordien)

Die Geissberg-Schichten (*Geissberg-Member*, ca. 12 m) bestehen aus dickbankigem, glatt brechendem mikritischem Kalk.

#### **i<sub>7</sub> Reuchenette-Formation** (Kimméridgien)

Im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal ist die Reuchenette-Formation die jüngste mesozoische Formation; jüngere Einheiten wurden während der kretazisch-eozänen Verwitterungsphase erodiert. Die Oberfläche der somit nur relikthisch vorhandenen Reuchenette-Formation ist meist verkarstet und mit siderolithischen Bildungen erfüllt.

Die Reuchenette-Formation wird auf dem Gebiet von Atlasblatt Murgenthal in eine westliche und in eine östliche Fazies unterteilt. Als Grenze wird hierzu die Aareklus genommen. Nach heute geltender, beim Druck von Blatt Murgenthal jedoch noch nicht festgelegter Nomenklatur heisst das laterale Äquivalent der Reuchenette-Formation im Verbreitungsgebiet der liegenden Villigen-Formation *Burghorn-Formation* (s. BITTERLI-DREHER et al. 2007).

*Westliche Fazies:* Die Reuchenette-Formation besteht im Gebiet des Roggens aus einem knolligen, teils fossilreichen, zumeist mikritischen Kalk. Vor allem in den angewitterten Aufschlüssen ist im Gegensatz zur Balsthal-Formation eine gute Bankung im Meterbereich sichtbar. Die verbleibende Mächtigkeit beträgt 35–40 m. Lokal findet sich an der Basis ein rötlicher spätiger Kalk. Insbesondere im oberen Teil sind herauswitternde verkieselte Fossilien häufig (Muscheln, Serpuliden, Korallenbruchstücke). Gute Aufschlüsse sind die Steinbrüche zwischen Egerkingen und Oberbuchsiten, wo die obersten, gut gebankten Schichten der Reuchenette-Formation angehören.

Aus dem aufgelassenen Steinbruch am Born nördlich der Autobahn A 1 verzeichnete LEUTHARDT (1922) gut erhaltene und reiche Funde von Echiniden, vor allem von *Pygurus tenuis*.

*Östliche Fazies:* Beim Steinbruch Heidenloch ist die Burghorn-Formation als mindestens 6 m mächtige Abfolge von knolligem, grauem Kalk mit Mergellagen ausgebildet. Die weitere Verfolgung gegen Westen wird durch kleinräumige fazielle Änderungen erschwert.

## TERTIÄR

### *Überblick, Paläogeographie*

Zur Zeit der Ablagerung der Unteren Süsswassermolasse (USM) befand sich das Gebiet von Atlasblatt Murgenthal in der nördlichen Randzone des damaligen Molassebeckens, gleichzeitig aber auch am Ostrand der «raurachischen Senke» (BAUMBERGER 1927). Diese den zukünftigen Faltenjura querende Depression ermöglichte den Transport alpiner Feinsedimente nach Norden, bis in das Elsass (vgl. BERGER et al. 2005). Die Lage am Ostrand der «raurachischen Senke» äussert sich in einer diskordanten Auflagerung der Molasse, d.h. auf der mesozoischen Unterlage erscheinen ostwärts sukzessiv jüngere Schichten der USM (vgl. BAUMBERGER 1927, Taf. XIX).

In den ältesten Molasseablagerungen auf dem Gebiet des Atlasblattes Murgenthal (Wynauer und Oensing Süsswasserkalke) manifestiert sich noch der Einfluss von lokalen Schüttungen aus dem Jura, der Entlebuch-Schüttung und geringfügigen Anteilen der Genfersee-Schüttung (MAURER et al. 1982). In den jüngeren Anteilen der USM gewinnt die beckenaxial nach NE gerichtete Genfersee-Schüttung zunehmend an Bedeutung, zugleich zeigt sich aber auch eine Verfingerung mit der Thunersee-Schüttung. Das Ablagerungsmilieu der USM ist hauptsächlich fluviatil; untergeordnet treten, vor allem an der Basis der Molasse, auch limnische Einschaltungen (Süsswasserkalke) auf.

### *Historisches*

Zuerst waren es die reichhaltigen Fossilfundstellen, später die bituminösen Sandsteine und in neuerer Zeit der Bau und die Projekte von Elektrizitätswerken, die das Interesse der Geologen an der Molasse weckten.

Eine ausführliche Zusammenstellung früherer Untersuchungen findet sich in ERNI & KELTERBORN (1948).

Hier nur eine kurze Zusammenfassung: Pfarrer Robert Cartier (1810–1886) war Mitte des 19. Jahrhunderts ein begeisterter Sammler von Pflanzen- und Tierfossilien. Ihm verdanken wir

einerseits die Entdeckung der bekannten Säugetierfundstellen von Aarwangen und Oensingen (Ravellen), andererseits die langjährige Sammeltätigkeit in den eozänen Spaltenfüllungen von Oberbuchsiten und Egerkingen. Diese Fundstellen wurden u.a. von RÜTIMEYER (1892), STEHLIN (1903–1916) und später von MAYO (1980) und ENGESSER (1990) bearbeitet. KAUFMANN (1872) beschrieb als nächster einige Molasseaufschlüsse und verwendete den Namen «Aarwangerschichten» für die gesamte USM. MARTIN (1906) verdanken wir aufgrund zahlreicher Detailuntersuchungen eine erste Gliederung der USM in drei Einheiten. Eine erste geologische Karte (1:25 000) erstellten MÜHLBERG & NIGGLI (1912). In den dazugehörigen Erläuterungen (1913) stellte Niggli die zwei untersten Schichten von Martins Gliederung ins «Stampien» und die oberste Einheit ins Aquitanien.

Weil Erdölprodukte am Ende des ersten Weltkrieges Mangelware waren, wurden Hartmann und Arn. Heim beauftragt, nach Erdölvorkommen zu suchen. Dabei wurden die bereits von OPPLIGER (1882) beschriebenen Vorkommen von Ölsanden bei Fulenbach wieder entdeckt und durch weitere Funde bei Wolfwil und Murgenthal ergänzt. Ihre Untersuchungen wurden mit einer Karte 1:25 000 der Gegend von Murgenthal-Wynau publiziert (HEIM & HARTMANN 1919), ergänzt durch eine Anzahl geologischer Profile.

Arn. Heim fand auch heraus, dass die Wynauer Süsswasserkalke entgegen früheren Annahmen nicht über, sondern unter der Aarwanger Molasse liegen. Er gliederte die Untere Süsswassermolasse über der Aarwanger Molasse von oben nach unten in:

3. Obere bunte Molasse, ca. 450 m (Aquitanien)
2. Gelbgrauer Sandkalk mit feinsandigem Kalkmergel, ca. 100 m (?Aquitanien)
1. Untere bunte Molasse, ca. 270 m (Chattien)

Diese Unterteilung wird heute noch angewandt (vgl. Fig. 3).

Zwischen 1935 und 1937 wurde im Auftrag der Petroleum Experten Kommission (PEK) das Gebiet des Kartenblatts durch A. Erni, H. Fröhlicher und P. Kelterborn eingehend untersucht. Ihre Ergebnisse mit einer ausführlichen Analyse aller früheren Untersuchungen erschienen als Beitrag zur Geologie der Schweiz (ERNI & KELTERBORN 1948). Ihre Kartierung 1:50 000, die Beschreibungen und Schlussfolgerungen haben grösstenteils heute noch Gültigkeit.

1953 wurde die Erdöltiefbohrung Altishofen-1 (KOPP 1952, 1955, einige km östlich des Kartenblatts) ohne auf Öl oder Gas zu stossen bis 1802 m abgeteuft. 1963 folgte die Bohrung Pfaffnau-1 (BÜCHI et al. 1965a,b) im SE-Teil des Kartengebietes, die in 1843 m Tiefe im granitischen Sockel erfolglos mit nur geringen Gasindikatoren in der Unteren bunten Molasse endete. Sie durchteufte 691 m Molasse und zeigte, wie auch die Bohrung Altishofen-1, dass über der Malmoberfläche siderolithische Bildungen und der untere Teil der Süsswassermolasse fehlen, was eine synsedimentäre Hochlage des betreffenden Gebietes dokumentiert (VONDERSCHMITT & TSCHOPP 1953). GNÄGI (2007) gibt eine Zusammenstellung der bisherigen Fossilfunde aus der Umgebung von Aarwangen–Wynau.

## Siderolithikum

### e Bohnerz-Formation (Eozän)

Das Vorkommen eozäner Ablagerungen beschränkt sich auf Taschenfüllungen und Linsen von geringer Ausdehnung in und über der verkarsteten Malmoberfläche. Gute Aufschlüsse sind in den Steinbrüchen zwischen Oberbuchsiten und Egerkingen zu beobachten; oft aber deutet nur eine intensive Bodenverfärbung das Vorhandensein siderolithischer Ablagerungen an.

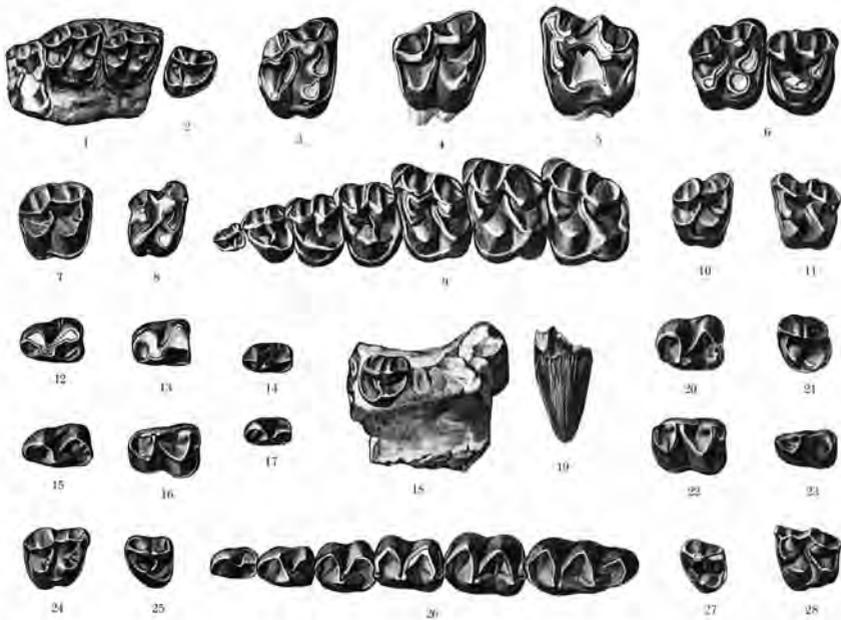


Fig. 2: Säugetierzähne (*Propalaeotherium* sp.) aus den eoänen Spaltenfüllungen der Fundstelle Egerkingen (Ausschnitt aus STEHLIN 1905, Taf. 8).

Neben rotbraun gefärbtem Ton umfasst die Bohnerz-Formation schalig aufgebauete Limonitkonkretionen und bunt gefärbten Quarzsand sowie untergeordnet kaolinhaltigen weissen Sand (Huppererde). Letzterer wurden unmittelbar nördlich des Kartenblattes in der Gegend von Hägendorf und bei der Rickenbacher Mühle intensiv abgebaut.

Im Gebiet der Erzmatt südlich Balsthal finden sich auch Stücke eines weissen Süsswasserkalkes mit eingelagerten grossen Limonitkonkretionen. Anstehend ist dieser Süsswasserkalk nicht aufzufinden, offenbar handelt es sich um Abraumereste, die beim grossflächigen Abbau der Bohnerz-Formation zur Gewinnung von Eisenerz (BAUMBERGER 1923 und S. 64) im 19. Jahrhundert anfielen.

Bohrungen auf der Wynau-Antiklinale (Fig. 4, FREI et al. 1996) zeigen dünne siderolithische Ablagerungen über der Malmoberfläche; in einer Bohrung (RB 7) wurde in einer Karsttasche in den Malmkalken Bohnerz gefunden. In der Tiefbohrung Pfäffnau-1 hingegen fehlen siderolithische Ablagerungen über der Malmoberfläche.

*Fossilführung*

Die von Pfarrer R. Cartier im 19. Jahrhundert in verschiedenen Karstspalten bei Oberbuchsiten und Egerkingen aufgesammelten Säugetierreste gelangten 1884 an das Naturhistorische Museum Basel. Das sehr umfangreiche Material wurde von RÜTIMEYER (1890, 1891, 1892) und später von STEHLIN (1903–1916, vgl. Fig. 2), der in den ersten beiden Jahrzehnten des 20. Jahrhunderts Grabungen durchführen liess, als «sicheres Lutétien» bestimmt. Die sehr reichhaltige und diverse Fauna aus der Spalte Egerkingen  $\alpha + \beta$  bildet heute die Referenzfauna für die europäische Säugetier-Einheit MP 14 (SCHMIDT-KITTLER 1987). Angaben zur Fossilführung und zur Lithologie der verschiedenen Spalten finden sich in STEHLIN (1903).

## MITTELLÄNDISCHE MOLASSE

Zur Kartierung der Molasse ist anzumerken, dass einige Molasseaufschlüsse entlang des Aarelaufes heute durch Staustufen überflutet sind und daher aus früheren Beschreibungen und Karten übernommen wurden.

**Untere Süsswassermolasse (USM)**

(Chattien–Aquitainen)

(von H. A. Jordi)

**o<sub>3</sub> Unterer Teil der USM (undifferenziert)**

In Bohrungen und schlechten Aufschlüssen des Mittellandes sowie in der Synklinale von Balsthal ist eine Unterscheidung der unteren Ablagerungen in der USM nicht immer möglich (siehe auch Kapitel Intrajurassische und Jurasüdfussmolasse, S. 29).

**o<sub>3w</sub> Wynauer Süsswasserkalke**

Im Gebiet des Kartenblattes bilden die Wynauer Süsswasserkalke zusammen mit den Süsswasserkalken von Oensingen (siehe Kapitel Intrajurassische und Jurasüdfussmolasse, S. 29) die ältesten Schichten der oligozänen USM. Beide Vorkommen liegen direkt auf den verkarsteten Malmkalken mit geringmächtigen siderolithischen Bildungen.

Süsswasserkalke wurden schon früher in der Gegend von Wynau in drei kleinen Steinbrüchen an der Nordflanke der Höchi abgebaut. Erstmals erwähnt in der Literatur sind die Süsswasserkalke entlang des Aareufers durch CARTIER (1859), diejenigen beim heutigen Elektrizitätswerk in KAUFMANN (1872). Beschrieben wurden sie danach von MARTIN (1906), der annahm, dass sie über der Aarwanger Mo-

lasse liegen, doch HEIM & HARTMANN (1919) konnten eindeutig zeigen, dass sie von der Aarwanger Molasse überlagert sind.

Über der strukturellen Erhebung der Wynau-Antiklinale (Taf. I, Profil 3) ist nur der oberste Teil der Süsswasserkalkserie aufgeschlossen; der grösste Teil ist heute vom Stausee des Elektrizitätswerks überflutet. Bohrkerne und temporäre Aufschlüsse während der verschiedenen Bauphasen für das Elektrizitätswerk ergaben einen guten Einblick in den oberen Teil dieser Süsswasserkalkserie (ERNI & KELTERBORN 1948, MAURER et al. 1992).

1994–95 ausgeführte Kernbohrungen für einen geplanten Abflussstollen zwischen dem Elektrizitätswerk und Obermurgenthal durchteuften die ganze Serie und zeigten, dass die Wynauer Süsswasserkalke direkt auf den verkarsteten Malmkalken liegen (Fig. 4). Die Bohrungen zeigen, dass im oberen Teil dieser Schichtfolge die dicken Kalkbänke dominieren und nach unten und westwärts immer mehr feinklastische Sedimente auftreten. Die Gesamtmächtigkeit der Wynauer Süsswasserkalke liegt bei ca. 50–55 m.

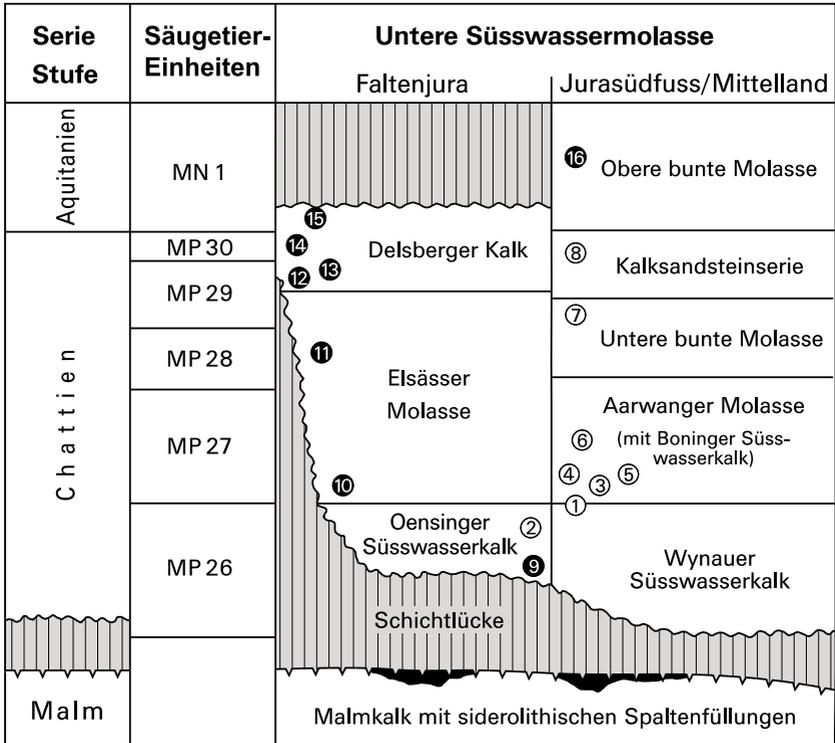
PICOT (2002) untersuchte zwei dieser Bohrungen (RB 6, Koord. 628.19/234.28 und RB 7, Koord. 627.43/234.29) und stellte fest, dass die Wynauer Süsswasserkalke mit Einschlüssen von feinklastischem fluviatilen Material in temporären untiefen Süsswasserseen abgelagert wurden. Ein von L. Picot in der Bohrung RB 6 aufgefundener Säugetierzahn, von B. Engesser als *Protechimys major* bestimmt, weist auf ein frühchattisches Alter (MP 26) der Wynauer Süsswasserkalke hin.

Bei Tiefstand der Aare fand FISCHER (1965) im Aarebett 500 m östlich von Wynau (Koord. 628.490/234.520) in sandigem Mergel an der Basis der Aarwanger Molasse eine Kleinforaminiferenfauna, die er als marines Rupélien auffasste, da er aufgrund der Erhaltung eine Aufarbeitung ausschloss. H. Fischer postulierte deshalb eine zeitweilige marine Verbindung über die «raurachische Senke» zwischen Rheintalgraben und dem präalpinen Meer der Unteren Meeresmolasse. Dieser Auffassung steht jedoch folgende Argumentation gegenüber:

Die nur wenig über den Kalken, an der Basis der Aarwanger Molasse gelegenen Säugetierfundstellen Wynau 1 und 2 belegen ein frühes MP 27-Alter. Ein einzelner Säugetierzahn (s. o.) aus dem Grenzbereich oberste Wynauer Süsswasserkalke/Basis Aarwanger Molasse spricht für ein leicht älteres MP 26-Alter. Zur Zeit der Säugetierzone MP 26 existierte das präalpine Meer der Unteren Meeresmolasse UMM jedoch nicht mehr (BERGER et al. 2005).

Trotz intensiver Suche konnte PICOT (2002) keine sicheren Anzeichen von marinem oder brackischem Einfluss in den Bohrkernen feststellen. Nur eine nochmalige Probenentnahme bei extrem tiefem Wasserstand am angeführten Fundort oder eine untiefe Kernbohrung direkt am Aareufer und deren Auswertung könnte das Problem vermutlich lösen.

Die Wynauer Süsswasserkalke keilen ostwärts gegen eine synsedimentäre Hochlage aus (Fig. 14). In der Bohrung Pfaffnau-1 fehlt sogar der unterste Teil der Aarwanger Molasse (KOPP 1955). Auch nordwärts an der Born-Antiklinale und



## Fundstellen im Kartengebiet

8 Bannwil	MP 30
7 Rickenbach	MP 29
6 Boningen 1+9	MP 27
5 Wolfwil	MP 27
4 Wynau 1	MP 27
3 Wynau 2	MP 27
2 Oensingen 11	MP 26
1 Wynau RB6	MP 26

## Fundstellen aus der näheren Umgebung

16 Wischberg	MN 1
15 Waldenburg-Humbel	MN 1
14 Brochene Fluh 53	MP 30
13 Brochene Fluh 19/20	MP 29
12 Brochene Fluh 4/5	MP 29
11 Breitenhöchi 1+2	MP 28
10 Mümliswil-Näsihöfli	MP 27
9 Mümliswil-Hardberg	MP 26

Fig. 3: Stratigraphisches Gliederungsschema der Unteren Süsswassermolasse im Kartengebiet und der näheren Umgebung. Alter der Säugetierfundstellen grösstenteils nach ENGESSER & MÖDDEN (1997). Kompilation der Daten durch D. Kälin und H. A. Jordi.

entlang dem Jurasüdfuss fehlen die Kalke infolge synsedimentärer Hochlage der Gegend (siehe Abschnitt Jurasüdfussmolasse, S. 29). Da die Wynau-Antiklinale in SW-Richtung abtaucht (Fig. 13), lässt sich mangels Tiefbohrungen nur vermuten, dass die Serie in westlicher Richtung an der Basis der hier 500 bis 700 m mächtigen Molassesedimente noch vorhanden ist.

### **o<sub>3A</sub> Aarwanger Molasse**

Die Aarwanger Molasse umfasst das Schichtpaket zwischen den Wynauer Süsswasserkalken im Liegenden und der Unteren bunten Molasse im Hangenden. Die Untergrenze liegt über der letzten dicken massiven Kalkbank der Wynauer Süsswasserkalke. Der Kontakt ist nirgends direkt aufgeschlossen, ist aber gut ersichtlich in den Kernbohrungen RB 2, RB 5, RB 6 und RB 7 (Fig. 4). Die Obergrenze ist etwas willkürlich gezogen, nämlich dort, wo die Knauermolasse mit konglomeratischen Linsen mit Pflanzen- und Tierresten aufhört und von fossilarmem Knauer Sandstein mit reichlichen Zwischenlagen von buntem Mergel abgelöst wird.

In der Gegend der Wynau-Antiklinale wurde durch Konstruktion zahlreicher Profile eine Mächtigkeit der Aarwanger Molasse von 150 bis 180 m ermittelt.

Die Aarwanger Molasse ist auf der Karte als eine Einheit dargestellt; sie lässt sich jedoch lithologisch zweiteilen. Der untere Teil zeigt an der Basis Ähnlichkeit mit den Wynauer Süsswasserkalken, deren limnisches Regime sich fortzusetzen scheint. Dünne Süsswasserkalkbänke sind in meist graugrünen, untergeordnet weinroten bis violetten oder gelblichen fossilführenden Kalkmergel eingelagert (Typus Blättermolasse). Möglicherweise liegen die ehemaligen Steinbrüche NE Ober-Wynau im basalen Teil der Aarwanger Molasse, und nicht, wie in der Karte verzeichnet, in den Wynauer Süsswasserkalken.

Gegen oben werden Einlagerungen von knauerigen Sandsteinen häufiger, bis sie im oberen Teil dominieren. Hier treten mergelige Zwischenlagen zurück und Süsswasserkalk fehlt völlig; konglomeratische linsenförmige Lagen treten häufig auf. Sie werden meist von Mergel- und Tongeröllen sowie Sandstein- und Süsswasserkalkgeröllen aufgebaut und enthalten häufig Kohleflözchen sowie Pflanzen- und Tierreste. Sie sind wahrscheinlich Auffüllungen von Bachrungen.

Aus solchen konglomeratischen Lagen und Linsen stammen die bedeutenden Säugetierfunde von Zelg, Aarwangen (Mühlebühl), Wynau, Wolfwil-Kennisbännli, Wolfwil-Haslen, Kellenbodenwald (Wynau 1) und Boningen-Hardgraben. Sie sind alle ungefähr gleichaltrig und gehören nach ENGESESSER & MÖDDEN (1997) der Zone MP 27 des frühen Chattiens an (vgl. Fig. 3).

Die Aufschlüsse der Aarwanger Molasse entlang der Aare oberhalb des Elektrizitätswerkes Wynau sind heute grossenteils überflutet; noch vorhanden sind sie westlich Aarwangen im Steinbruch Mühlebühl und in Bachrungen gegen Buechwald und Höchi. Ferner existieren kleine Aufschlüsse flussaufwärts der Kirche von Wynau an beiden Aareufem. Flussabwärts der Kirche sind die wenigen schlech-

W

E

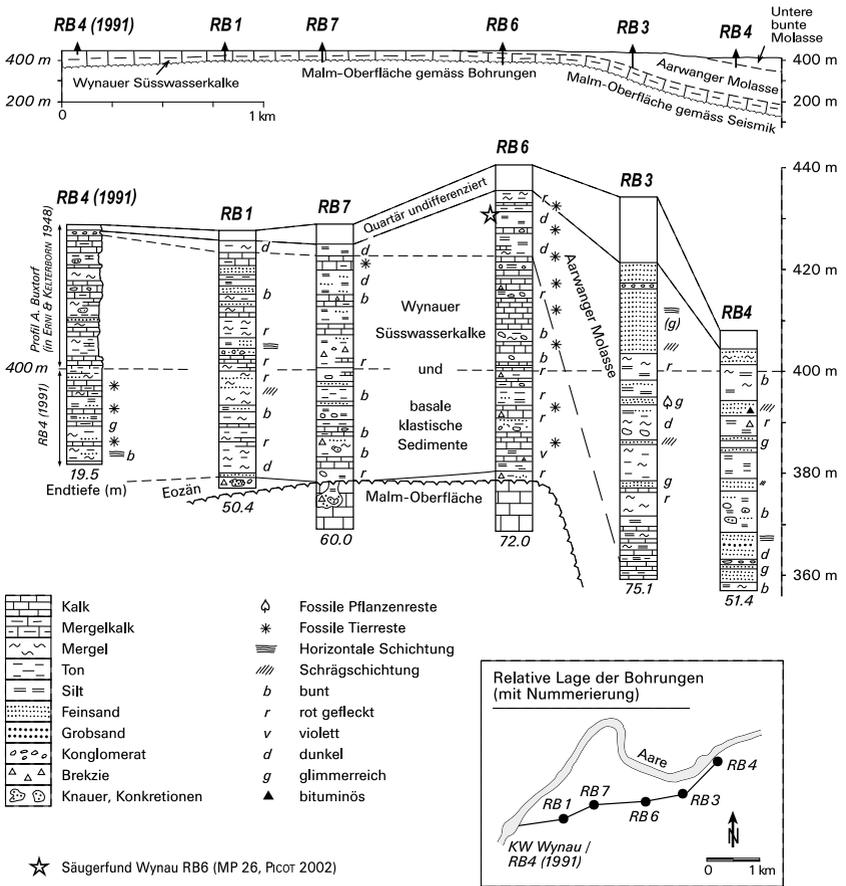


Fig. 4: Kernbohrprofile und geologischer Schnitt durch die ältesten Molassesedimente mit Wynauer Süswasserkalke und Verlauf der Malmoberfläche in der Wynau-Antiklinale.

ten, von ERNI & KELTERBORN (1948) als Aarwanger Molasse identifizierten Aufschlüsse in der Karte irrtümlicherweise als Wynauer Süswasserkalke eingetragen. Weiter flussabwärts, unterhalb des Kellenbodenwalds bei Birch am rechten und Hasel am linken Ufer, gibt es Aufschlüsse von Aarwanger Molasse, die nahe der Einmündung der Murg in die Aare unter die Obere bunte Molasse abtaucht und erst weiter nördlich bei Boningen wieder die Oberfläche erreicht. Die dortigen



Fig. 5: Aufschluss von Knauer Sandstein der Aarwanger Molasse im Kellenbodenwald (Koord. 628.490/234.455). Die Lokalität entspricht der Säugetierfundstelle Wynau1. Foto D. Kälin 2005.

Aufschlüsse östlich und westlich des Dorfes, welche Süßwasserhorizonte (Boninger Süßwasserkalke) enthalten, gehören nach Säugetierfunden (spätes MP 27) zur Aarwanger Molasse, ebenso die kleinen Aufschlüsse entlang der Aare und am Südfuss des Borns (zum Teil wieder verdeckte Autobahnaufschlüsse), die vermutlich direkt auf den Kalken der Malmoberfläche liegen.

Im Südosten des Kartenblattes fehlen in der Bohrung Pfaffnau-1 (BÜCHI et al. 1965 a,b; VONDERSCHMITT & TSCHOPP 1953) Wynauer Süßwasserkalke, Aarwanger Molasse und möglicherweise ein Teil der Unteren bunten Molasse. Die seismische Linie NF-02 (Fig. 13, entspricht etwa Profil 2 in Taf. I) zeigt nördlich Pfaffnau abweichende Strukturen am Kontakt Mesozoikum/Molasse als sedimentäre Diskordanz. Ähnliches wurde während der Durchsicht auf den Linien BN-30 und BN-13 beobachtet. Die Vermutung liegt nahe, dass der östliche Teil des Kartenblattes zur Ablagerungszeit der untersten USM eine synsedimentäre Hochzone war (Fig. 14).

### **o<sub>3U</sub> Untere bunte Molasse**

Die Abgrenzung dieser Serie zur darunter liegenden Aarwanger Molasse ist wegen der lithologischen Ähnlichkeit beider Schichtfolgen unscharf und oft fraglich. Allgemein wird die Grenze dort gezogen, wo die typischen konglomeratischen, fossilreichen Linsen und Lagen der Aarwanger Molasse aussetzen und fos-

silerner Knauer Sandstein sowie bunte Mergel und Sandstein beginnen. Nach oben werden rote und bunt gefleckte, oft auch dunkle sandige Lagen häufiger. Entlang des Aarelaufes von Murgenthal bis unterhalb der Aarentränki sind im mittleren Teil dieser Abfolge Ölsandsteine zwischengelagert. Das Bitumen in den Sandsteinen ist wahrscheinlich entlang einer vermuteten transversalen Störungszone aus der Tiefe einmigriert.

Die Mächtigkeit der Unteren bunten Molasse scheint nach Konstruktion mehrerer Profile von 150 m im Norden bis ca. 300 m im SW zuzunehmen.

Neben den erwähnten Aufschlüssen unterhalb Murgenthal ist die Serie auch am linken Aareufer östlich Wolfwil aufgeschlossen.

An Fossilien ist die Untere bunte Molasse arm. ERNI & KELTERBORN (1948) erwähnen eine Fundstelle am rechten Aareufer unterhalb der Brücke von Murgenthal, die neben *Plebecula ramondi* BRONG. auch Säugetierreste enthielt, die H. G. Stehlin mit Sicherheit dem «Stampien» zuordnete.

### **o<sub>3K</sub> Kalksandsteinserie**

In der Gegend zwischen Murgenthal und Riken schaltet sich zwischen der Unteren und Oberen bunten Molasse eine faziell etwas verschiedene, ca. 100 m mächtige Abfolge von gelbgrauem Kalksandstein mit zwischengelagertem grauem und buntem, oft schieferigem Mergel ein, mit charakteristischen dunklen sandigen Mergellagen. Schon HEIM & HARTMANN (1919) fiel diese Abfolge auf; ERNI & KELTERBORN (1948) bezeichneten sie als Kalksandsteinserie. Sowohl die untere als auch die obere Grenze sind unscharf und fließend. Gut aufgeschlossen ist die Kalksandsteinserie entlang der Murg und in Seitenbächen der Aare bei Murgenthal und Riken. Ausser Pflanzenresten sind in dieser Gegend keine Fossilfunde bekannt.

Von der Murg in südwestlicher Richtung ist die Kalksandsteinserie von glazialen Ablagerungen bedeckt. Erst an der Aare bei Meiswil und dem Elektrizitätswerk Bannwil ist sie als faziell identische Sandsteinserie aufgeschlossen und liegt nach seismischen Linien wie bei Murgenthal ca. 500 m über der Malmoberfläche.

Im ehemaligen Kanal des alten Kraftwerkes Bannwil fand H. Anderegg in dieser Serie *Plebecula ramondi* BRONG. und Säugetierreste, die nach H. G. Stehlin ins «Oberstampien» gehören (in: ERNI & KELTERBORN 1948, S. 18).

### **m<sub>1</sub> Obere bunte Molasse**

Über der Kalksandsteinserie folgt mit fließendem Übergang die Obere bunte Molasse. Der wegen fehlenden Leithorizonten und raschem Fazieswechsel nicht weiter unterteilbare Schichtkomplex besteht vorwiegend aus rotem, aber auch violetterem und grünem Schlammstein und Mergel, die mit Knauer Sandsteinen und Bänken aus kalkhaltigem Sandstein wechsellagern. Im oberen Teil schalten sich gelegentlich Nester und Horizonte mit Kristallin führenden Geröllen ein.

Die Obergrenze liegt unter dem Leithorizont der transgressiv darüber liegenden Oberen Meeresmolasse (OMM). Die spärlichen Aufschlüsse im Bereich dieses Kontaktes erschweren nicht nur die Grenzziehung, sondern auch die Beurteilung, ob dazwischen eine Sedimentations- oder gar Erosionslücke existiert.

Im Allgemeinen beschränken sich die Aufschlüsse dieser Abfolge im SE-Teil des Kartengebietes auf Bachrunden und Strassenböschungen. Einen guten Einblick in die Ablagerungsverhältnisse gibt jedoch die Ziegeleigrube St. Urban (Koord. 630.150/230.200, Fig. 16). Gute Profile lieferten auch drei Kernbohrungen aus der Umgebung von Langenthal (bereits ausserhalb des Kartengebietes, KELLER et al. 1990).

Sowohl faziell wie auch mittels seismischer Linien konstruierten Profilen müssen die Aufschlüsse aareaufwärts des Elektrizitätswerkes Bannwil und im Unterlauf der Önz der Oberen bunten Molasse zugeordnet werden, was bereits H. Fröhlicher (Fussnote S. 16 in ERNI & KELTERBORN 1948) und auch H. Anderegg vermuteten. Die Gesamtmächtigkeit der Molasse liegt hier bei über 800 m.

Im Gebiet des Kartenblattes selber sind keine Fossilfunde in der Oberen bunten Molasse bekannt. Im Gebiet des südlich anschliessenden Blattes Langenthal sind Säugetierfunde, darunter Schädel von Rhinocerotiden, durch GERBER (1932, 1936) und SCHAUB & HÜRZELER (1948) gemacht worden, die ENGESSER & MÖDDEN (1997) der Säugetierzone MN 1 (frühes Aquitanien) zugeordnet haben.

## **Obere Meeresmolasse (OMM)**

(Burdigalien)

(von M. E. Gerber)

### **m<sub>2</sub> Luzerner Formation**

Mit einem 0,5 bis 1,5 m mächtigen Basishorizont folgt über der Oberen bunten Molasse transgressiv die Obere Meeresmolasse. Dieser «Leithorizont» aus hartem plattigem Sandstein und Muschelsandstein mit alpinen Geröllen, Tongallen, Glimmer und Glaukonit ist zwischen Talcherain und Chilchberg (Koord. 637.250/235.400) und bei Hubel nördlich Pfaffnau (Koord. 634.575/131.360) aufgeschlossen. Ein ähnlicher, 2 bis 8 m mächtiger «Leithorizont» (Bisig-Muschelsandstein, GERBER & WANNER 1984, «Leithorizont» 2a nach GERBER 1950) mit Echinodermenbruchstücken und Haifischzähnen teilt die Luzerner Formation in eine untere (70 bis 100 m) und eine obere (90 bis 130 m mächtige) Sandsteinzone, beide aus gelb- bis braungrauem Glaukonit führendem Sandstein aufgebaut. Rippenmarken, eingeschwemmte alpine Gerölle, Lagen von Pflanzenhäcksel und eingelagerter graublauer Mergel sind neben bankigem bis plattigem Sandstein prägende Elemente in den Aufschlüssen im Gebiet von Pfaffnau.

Fossilfunde: Neben der für die marinen Schichten typischen Hai- und Rochenfaunen finden sich vor allem im untersten Teil der Luzerner Formation vereinzelt Funde von eingeschwemmten Säugetierresten (Fundstellen Brittnau-Vorstatt und Pfaffnau-Löchli, Mitt. J. Jost).

### **m<sub>3</sub> St. Galler Formation**

Ein 3 bis 10 m mächtiger Nagelfluhkomplex (sog. «Basiskonglomerat») bildet die Basis der St. Galler Formation. Darüber folgt grauweisser glaukonitärer Sandstein mit härteren linsenförmigen Bänken und in oft plattiger Ausbildung, der einzig im SE des Atlasgebietes ansteht.

## INTRAJURASSISCHE MOLASSE UND JURASÜDFUSSMOLASSE

(von H. A. Jordi )

### **o<sub>3</sub> Elsässer Molasse (Chattien)**

Die Elsässer Molasse der Synklinale von Balsthal, deren Ostende gerade noch den NW des Gebietes von Atlasblatt Murgenthal erreicht, entspricht der Molasseabfolge über dem Mesozoikum der südlich anschliessenden mittelländischen Molasse (Oensinger bzw. Wynauer Süsswasserkalke bis Kalksandsteinserie, vgl. Fig. 3).

Für die Elsässer Molasse der südlichen «raurachischen Senke», die besonders schön auf dem Gebiet des westlich anschliessenden Kartenblattes Balsthal ausgebildet ist, hat BAUMBERGER (1927) folgende Gliederung vorgeschlagen: Über dem Mesozoikum und dem meist geringmächtigen Siderolithikum liegen die «Unteren Süsswasserkalke» (Oensinger Süsswasserkalk). Sie werden überlagert vom sandig-mergelig ausgebildeten Hauptteil der Elsässer Molasse. Den Abschluss der USM-Sedimentation bilden die «Oberen Süsswasserkalke» (Delsberger Süsswasserkalk). NE Matzendorf, auf dem Gebiet von LK-Blatt 1107 Balsthal, schalten sich lokal noch die «Mittleren Süsswasserkalke» (Matzendörfer Süsswasserkalk) in diese Abfolge.

Im Gebiet des Atlasblattes Murgenthal sind die Süsswasserkalke von Oensingen und Wynau dem Niveau der «Unteren Süsswasserkalke» oder Oensinger Süsswasserkalke zuzuordnen. Die Süsswasserkalke von Boningen liegen etwas höher, im untersten Teil der Aarwanger Molasse, was auch durch ihr biostratigraphisch etwas jüngerer Alter belegt ist (vgl. Fig. 3).

Ein weiteres Vorkommen von Süsswasserkalk liegt auf dem Nordschenkel der Weissenstein-Antiklinale, bei Hinter Flüeli (Koord. ca. 620.230/240.030, nicht auf der Karte eingezeichnet). MÜHLBERG & NIGGLI (1912) verzeichneten den Kalk noch auf ihrer Karte. Heute ist er vollständig überwachsen und kaum

mehr zu beobachten. Welchem Süsswasserkalkniveau er entspricht, ist nicht bekannt.

Nach dem von BITTERLI (1995) konstruierten Profil (Taf. I, Profil 3) ist die Molasse in der Synklinale von Balsthal ungefähr 200 m mächtig. Die seismischen Linien SO-13 und SO-14 (Fig. 13) lassen jedoch eher ca. 300 m vermuten, da die Malmoberfläche auf etwa 0,2 Sek. liegt. Die USM der Synklinale von Balsthal schloss vor der neogenen Schubtektonik der Juraufaltung an die mittelländische Molasse an. Deren Mächtigkeit beträgt am Eingang der Klus von Balsthal bei Oensingen unter der Weissenstein-Rücküberschiebung noch etwa 500 m.

Eine weitere Unterteilung der USM in der Mulde von Balsthal ist wegen der schlechten Aufschlussverhältnisse nicht möglich.

### *Fossilführung*

STEHLIN (1914) führt in seinem Verzeichnis die heute überwachsene Lokalität «Bännli bei Balsthal» auf (Koord. 620.490/240.120) und listet einige Säugetierarten auf: *Archaeomys* cf. *laurillardi*, *Issidoromys quercyi*, *Caenotherium* cf. *cartieri*, *Amphitragulus* sp.

Von derselben Stelle dürften auch die sehr schön erhaltenen Pflanzenfunde stammen, die im Naturmuseum Solothurn unter der Fundortbezeichnung «Balsthal» aufbewahrt werden (Fig. 6).

### **o<sub>30</sub> Oensinger Süsswasserkalke (am Jurasüdfuss)**

Nördlich von Oensingen fand R. Cartier bereits Mitte des 19. Jahrhunderts am Fuss der Ravellen-Malmkalkwand Stücke eines säugetierführenden Süsswasserkalkes (CARTIER 1874). H. G. Stehlin liess 1916 diese Fundstelle durch Grabungen freilegen und BAUMBERGER (1927) beschrieb das Profil: Über steilstehendem bis überkipptem Malmkalk liegen 7,6 m Boluston, gefolgt von 16,7 m grünem Mergel mit 2,5 m dicken Süsswasserkalkbänken an der Basis, die eine sehr reichhaltige Mollusken- und Säugetierfauna lieferten. ENGESSER & MÖDDEN (1997) ordnen die Funde der Säugetierzone MP 26 (frühes Chattien) zu.

Dieses isolierte Molasserelikt – bekannt als Oensinger Süsswasserkalke – wurde höchst wahrscheinlich zusammen mit dem Malmkalk des Südschenkels der Weissenstein-Antiklinale auf jüngere Schichten des Molassebeckens rücküberschoben. Diese jüngeren Molassesedimente sind gemäss der seismischen Linie SO-14 am Eingang der Balsthaler Klus noch mindestens 500 m mächtig, da der Malm/Molasse-Kontakt auf ca. 0,35 Sek. liegt (Taf. 1, Profil 3 Nordende).

Entlang dem Jurasüdfuss östlich von Oensingen ist die USM schlecht abgeschlossen und der Kontakt mit den Malmkalken heute nirgends mehr sichtbar. R. Cartier (in RÜTIMEYER 1862, S. 12) fand bei Oberbuchsiten über Malmkalken und Siderolithikum rötlichen Mergel, gefolgt von grünlichem fossilreichem Süsswassermergel und Blättermolasse. Aus der Sammlung Cartier bestimmte BAUM-



Fig. 6: Sandsteinblock mit Blättern von *Cinnamomum polymorphum* (Kampferbaum). Funde wie dieser verliehen der «Blättermolasse» ihren Namen. Fundstelle: Balsthal (wahrscheinlich Balsthal-Bännli). Sammlung Naturmuseum Solothurn. Foto D. Kälin 2006.

BERGER (1927) unter anderem *Plebecula ramondi* BRONG. und STEHLIN (1914) eine Säugetierfauna, die mit derjenigen von Aarwangen übereinstimmt. Es handelt sich demnach um ein Äquivalent der Aarwanger Molasse; auffallend ist jedoch, dass in dieser Gegend die Wynauer oder Oensinger Süsswasserkalke infolge synsedimentärer Hochlage fehlen.

Am Westschenkel der Born-Antiklinale bei Kappel liegt die Untere bunte Molasse diskordant auf Malmkalken. Weiter östlich, ausserhalb des Kartenblatts, scheint der untere Teil dieser Schichtfolge sogar zu fehlen (VONDERSCHMITT & TSCHOPP 1953). Südlich Rickenbach liegen in der ehemaligen Huppergrube über Malm und Huppererde glimmerreiche Sande, Letten und Sandstein mit Mergelknollen und Malmgeröllen (nach H. Fröhlicher, in ERNI & KELTERBORN 1948, S. 10). In diesen oberen Schichten wurde schon von KEHRER (1922) eine reiche Mollusken- und Säugetierfauna gefunden (Rickenbach), die als europäische Referenzfauna für MP 29 (spätes Chattien) Eingang in die Literatur fand (SCHMIDT-KITTLER 1987). Damit ist Rickenbach deutlich jünger als die Fauna der Aarwanger Molasse. Bemerkenswert ist ferner, dass in diesen Schichten bis zu 10 cm grosse Malmkalkgerölle liegen, was zeigt, dass die Borngegend während der Ablagerung der oligozänen Molasse eine Hochzone war, in der Erosionsvorgänge stattfanden (vgl. Kapitel Tektonik).

## QUARTÄR

(von C. Gnägi, H. R. Graf & H. A. Jordi)

### EINLEITUNG

#### *Chronostratigraphie des Eiszeitalters*

Mit der Ratifizierung durch die International Union of Geological Sciences (IUGS) im Juni 2009 wurde der Beginn des Quartärs (und damit des Pleistozäns) bei 2,58 Ma festgelegt (GIBBARD et al. 2010). Die Grenze zwischen Früh- und Mittelpleistozän liegt nun zwischen den magnetostratigraphischen Epochen Matuyama und Brunhes (RICHMOND 1996) bei 0,78 Ma BP (vgl. GIBBARD et al. 2004, GIBBARD & COHEN 2008). Die Ablagerungen des Frühpleistozäns (inkl. spätpliozäne eiszeitliche Sedimente) entstammen demnach der dominant invers magnetisierten Matuyama-Epoche, diejenigen des Mittel- und Spätpleistozäns der normal magnetisierten Brunhes-Epoche. Die Grenze zwischen Mittel- und Spätpleistozän ist durch die Basis des Eem-Interglazials definiert (GIBBARD 2003, GIBBARD & COHEN 2008), welche mit der Basis von MIS 5e (MIS = Marine Isotope Stage) der Sauerstoffisotopenkurve der marinen Mikrofossilien ungefähr übereinstimmt (126 ka BP). Für die Schweiz kann dies mit dem Beginn des Gondiswil-Interglazials gleichgesetzt werden, welches gemäss WEGMÜLLER (1992) dem Eem des nordischen Vergletscherungsgebietes entspricht. Die Grenze zwischen Pleistozän und Holozän wird heute mit dem Ende der Jüngeren Dryas festgelegt, was einem Alter von 10 ka <sup>14</sup>C (unkalibriert) bzw. 1,5 ka BP (Kalenderjahre) entspricht.

#### *Lithostratigraphie der eiszeitlichen Ablagerungen der Schweiz*

Die Nomenklatur der eiszeitlichen Einheiten, wie sie auf den älteren Karten des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 verwendet wurde, lehnte sich weitgehend an die zu Beginn des 20. Jahrhunderts im süddeutschen Alpenvorland von PENCK & BRÜCKNER (1901–09) erarbeitete Quartärstratigraphie an. Die vier «klassischen» Eiszeiten Günz, Mindel, Riss und Würm bildeten dabei lange das gedankliche Modell für die Karten- und Legendengliederung. Sie wurden stets mit morphostratigraphisch unterscheidbaren Niveaus von eiszeitlichen Schotterablagerungen in Verbindung gebracht, nämlich der Terrasse der Höheren Deckenschotter (Günz-Eiszeit), der Terrasse der Tieferen Deckenschotter (Mindel-Eiszeit), der Hochterrasse (Riss-Eiszeit) und der Niederterrasse (Würm-Eiszeit). Neuere Untersuchungen zur Stratigraphie der eiszeitlichen Ablagerungen des nördlichen Schweizerischen Alpenvorlandes ergaben ein vom süddeutschen Modell klar abweichendes Bild (vgl. z.B. GRAF 1993, GRAF 2009, SCHLÜCHTER 2010). So wird heute von mindestens acht frühpleistozänen (Deckenschotter-) und fünf

mittel- und spätpleistozänen Eiszeiten ausgegangen. Wie diese mit den vier Eiszeiten von PENCK & BRÜCKNER (1901–09) zu korrelieren sind, ist, abgesehen von der Letzten Eiszeit, weitgehend unklar. Aus diesem Grund werden die eiszeitlichen Einheiten der Schweiz heute nach lithostratigraphischen Kriterien gegliedert und die Eiszeiten anhand von lokalen Befunden und Typuslokalitäten definiert. So auch für die vorliegenden Erläuterungen. Das Vorgehen dazu ist GRAF et al. (in Red.) zu entnehmen.

### ***Quartärstratigraphie im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal***

Für die geologische Aufnahme des Gebietes von Atlasblatt Murgenthal wurde eine Einteilung der quartären Ablagerungen vorgenommen, welche sich noch an den klassischen Eiszeiten orientierte, aber die erwähnten Schwierigkeiten bei der Zuordnung der Ablagerungen zu bestimmten Eiszeiten bis zu einem gewissen Mass berücksichtigte. Im Wesentlichen wurde zwischen Ablagerungen der Letzten Eiszeit und älteren quartären Sedimenten unterschieden.

Seither wurden diese Ablagerungen, insbesondere jene, die dem Mittel- und Spätpleistozän zugeordnet werden können, anhand von Aufschlüssen, Böden und Bohrungen eingehender untersucht (s.u.). In den vorliegenden Erläuterungen werden die Ergebnisse dieser Untersuchungen erstmals präsentiert und in die Beschreibung der auf der Karte dargestellten Einheiten integriert. Regionaler Hintergrund für die erdgeschichtliche Deutung ist die Gliederung der eiszeitlichen Ablagerungen der Nordschweiz (nach GRAF 2009, vgl. Tab. 1).

## **Pleistozän**

### **FRÜH- BIS MITTELPLEISTOZÄN**

#### **q<sub>m</sub> Grundmoränen älterer Vergletscherungen (auf den Jurahöhen)**

Im Kartengebiet wurden die Moränen auf den Jurahöhen speziell ausgeschieden. Sie liegen klar ausserhalb der maximalen Eisausdehnung der Letzten Eiszeit und sind deshalb älter als diese. Diese hochgelegenen Ablagerungen gehen auf einen oder mehrere relativ ausgedehnte Gletschervorstösse zurück, welche für das Mittelpleistozän nachgewiesen sind, aber auch bereits im Frühpleistozän aufgetreten sein können (vgl. GRAF 1993). Sie liegen direkt auf dem mesozoischen Untergrund. Weil sie in keiner klaren lithostratigraphischen Verbindung zu glazifluviatilen Schottern stehen, können sie altersmässig nicht genauer eingegrenzt werden. Oberflächendatierungen an erratischen Blöcken aus dem weiter westlich gelegenen Juragebiet deuten darauf hin, dass während der vorletzten Eiszeit (Beringen-Eiszeit, s.u.) der Berner Jura grossflächig von Eis bedeckt war (GRAF et al.

2007). Ein höheres Alter (evtl. Deckenschotter-Eiszeiten) kann aber nicht grundsätzlich ausgeschlossen werden. Charakteristische Deckenschotter-Ablagerungen, wie sie weiter im Osten der Schweiz erhalten sind, fehlen im Gebiet des Atlasblattes Murgenthal allerdings.

## MITTELPLEISTOZÄN

Wie oben erwähnt, dienen die Kenntnisse über das Mittel- und Spätpleistozän der Nordschweiz als grobe Leitlinie für die Gliederung der entsprechenden Ablagerungen im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal. Dies im Sinn der Identifikation von bedeutenden erdgeschichtlichen Ereignissen (Vergletscherungen, regionale Erosionsereignisse), die sich wegen ihrer grossräumigen Wirkung auch auf Blatt Murgenthal manifestiert haben dürften. Für die detaillierte Deutung der lokalen Verhältnisse sind jedoch die Befunde zum Aufbau der Sedimentabfolgen und der Morphologie der Felsoberfläche im hier besprochenen Gebiet massgebend.

### *Übersicht der glazialen Ablagerungen im Norden und Nordosten von Atlasblatt Murgenthal*

Das Mittelpleistozän ist in der Schweiz – nach bisherigen Erkenntnissen – der Zeitabschnitt mit den grössten Eisausdehnungen. Nach GRAF (2009) und SCHLÜCHTER (2010) ist für diesen Zeitraum von wahrscheinlich vier Eiszeiten und drei Interglazialen auszugehen, wobei gewisse Eiszeiten mehrere Gletschervorstösse beinhalteten.

Das älteste geologische Element im Mittelpleistozän der Nordschweiz ist ein fluviatiles Rinnensystem, welches sich im distalen Bereich der Hauptentwässerungssysteme (Rhein-, Reuss- und Aare-Rhone-System) entwickelte. Ein erster Eisvorstoss erfolgte – ohne bedeutende Vorstossablagerungen zu hinterlassen – in dieses Rinnensystem hinein. Diese Möhlin-Eiszeit (Nomenklatur nach GRAF 2009, vgl. Tab. 1) ist unter anderem mit einer Grundmoräne an der Basis der Lockergesteine des Möhliner Feldes belegt (DICK et al. 1996). Ob dem Rückzug der Gletscher aus dieser Phase ein eigentliches Interglazial folgte, ist nicht gesichert, aber wahrscheinlich. Der anschliessende Eisvorstoss der Habsburg-Vergletscherung brachte eine wesentlich kleinere Gletscherausdehnung mit sich und reichte nur wenig über den letzteiszeitlichen Maximalstand hinaus (s. u., Birrfeld-Eiszeit). Der Vorstoss war aber verantwortlich für die Schüttung von sehr mächtigen glazifluvialen Schottern (Habsburg-Gebiet 100 m, Oberklettgau 150 m), die bis mindestens ins Möhliner Feld nachgewiesen werden können. In dieser Phase entstanden in der Nordschweiz auch die ersten glazialen Becken und Rinnen. Dass anschliessend ein Interglazial folgte, ist u. a. mit einem mächtigen Paläoboden auf den Schottern im Möhliner Feld belegt. Der nächste Eisvorstoss ist im Glattal am

Tabelle 1: *Gliederungsschema der eiszeitlichen Ablagerungen der Nordschweiz nach GRAF (2009, Tab. 19).*

GRAF (2009)		SCHLÜCHTER & KELLY (2010) PREUSSER & SCHLÜCHTER (2004)	Alter in ka
Birrfield-Eiszeit	Birmenstorf-Vergletscherung [LGM] Lindmühle-Vergletscherung	Letzte Vergletscherung	ca. 29–18
		Interstadialkomplex von Gossau	ca. 65–33
	Hombrechtikon-Vergletscherung	Frühe letzteiszeitliche Vorstösse (Gossau, Finsterhennen)	ca. 100–65
Interglazial		Eem sensu Welten	ca. 120
Beringen-Eiszeit		Vorletzte Eiszeit	ca. 150
Interglazial		Holstein sensu Welten von Meikirch	
Hagenholz-Eiszeit	Hagenholz-Vergletscherung		> 200–300
Interglazial		Holstein sensu Welten mit <i>Pterocarya</i>	
Möhlin-Eiszeit	Habsburg-Vergletscherung	Grosse Vergletscherung	
	Möhlin-Vergletscherung [MEG]	Grösste Vergletscherung(en)	< 780

klarsten fassbar, wo er bis etwa nach Bassersdorf ins Gebiet Hagenholz reichte (Hagenholz-Vergletscherung). Er ist für die Schüttung von glazifluviatilen Schottern verantwortlich (u.a. der Aathal-Schotter), die wiederum bis mindestens ins Möhliner Feld verbreitet sind. Ob diese Sedimentationsphase einer eigenständigen Eiszeit entspricht, oder ob sie lediglich die Frühphase der folgenden Beringen-Eiszeit markiert, ist noch nicht definitiv geklärt. Die Beringen-Eiszeit brachte jedenfalls wiederum sehr grosse Eisvorstösse (Löhnigen- und Engwald-Vergletscherung) mit sich. Diese reichten im Rheintal mindestens bis nach Laufenburg. Damit war erneut die Entstehung von glazialen Becken verbunden. Die Zweiphasigkeit dieser ausgedehnten Vergletscherung äussert sich auch darin, dass nicht selten zwei glaziale Becken in unmittelbarer Nachbarschaft zueinander entstanden, wie z.B. die Juradurchbrüche im Hausemer Tal bzw. Reusstal. Ein Charakteristikum dieser relativ grossen Vergletscherung ist, dass sie bemerkenswert wenig glazifluviatile Sedimente hinterliess. Es sind kaum Schotterkörper vorhanden, die

sich dieser Vergletscherung zuordnen lassen. Der Rückzug der Gletscher gegen Ende der Beringen-Eiszeit war geprägt von markanter fluviatiler Erosion, welche in der ganzen Nordschweiz ein ausgeprägtes neues Rinnensystem schuf. Im Konfluenzbereich der Hauptentwässerungssysteme (Aare-Rhein-Mündung) befindet sich die Basis dieses Rinnensystems nahezu in der gleichen Tiefe wie die oben erwähnten ältesten Rinnen. Alpenwärts gehen diese aber deutlich auseinander, indem die jüngere Rinne zunehmend tiefer als die ältere liegt. Ein späterer Wiedervorstoss der Gletscher der Beringen-Eiszeit bewirkte eine beträchtliche Aufschotterung dieser Rinnen (z.B. Schaffhausen-Schotter, Lupfig-Schotter).

Wesentlich für die Deutung der mittelpleistozänen Ablagerungen im Gebiet von Blatt Murgenthal sind folgende Erkenntnisse:

- die alpinen Gletscher überfuhren das Gebiet mindestens zweimal vollständig (Möhl- und Beringen-Eiszeit),
- die Gletscher der Habsburg-Vergletscherung und der Beringen-Eiszeit schufen glaziale Becken. Es können zwei verschiedene alte fluviatile Rinnensysteme unterschieden werden, wobei das ältere (vor Möhl-Eiszeit) eine deutlich höher liegende Rinnenbasis aufweist als das jüngere (späte Beringen-Eiszeit).

### ***Kenntnisstand im Gebiet von Blatt Murgenthal***

Die Verhältnisse im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal sind, was die mittel- und spätpleistozänen Ablagerungen betrifft, ausgesprochen komplex. Es liegen zahlreiche Bohrinformationen vor (vgl. Taf. II), die allerdings über die Ablagerungen in mehr als ein paar Dekametern Tiefe nur selten Auskunft geben. Insbesondere gestaltet sich gerade die Abgrenzung Mittel-/Spätpleistozän sehr schwierig. Eine Spezialität des Kartengebietes und seiner näheren Umgebung ist, dass hier bereits ausgedehnte Untersuchungen über die vorkommenden Böden ausgeführt wurden. Dabei wurden neben überschütteten Paläoböden insbesondere die Böden an der heutigen Terrainoberfläche untersucht (HILDBRAND 1990, CHRISTEN 1999, MAILÄNDER 2001, REINMANN 2004). Letztere zeigen gebietsweise bemerkenswert klare Unterschiede, was z.B. die Bodenmächtigkeit bzw. die Entkalkungstiefe betrifft. Weil die Bodenmächtigkeit u.a. eine Funktion der Bildungsdauer eines Bodens ist, deuten sich damit unterschiedliche Alter der betrachteten Böden an. Allerdings ist es bisher nicht eindeutig klar, welche Schlüsse daraus auf das Alter der jeweiligen Lockergesteine gezogen werden können. Zurzeit liegen noch zu wenig Altersbestimmungen von betreffenden Ablagerungen vor, um diese Unterschiede stratigraphisch deuten zu können. Insbesondere stellt sich dabei die Frage, ob ein Sediment mit relativ grosser Bodenmächtigkeit (> 2 m) ins Mittelpleistozän zu stellen oder doch spätpleistozänen Alters ist. Diese Unsicherheiten äussern sich auch in der Interpretation der nachfolgend geschilderten stratigraphischen Verhältnisse.

### **q<sub>3s</sub> Schotter älterer Vergletscherungen**

Unter dieser Bezeichnung sind glazifluviatile Sedimente unterschiedlicher stratigraphischer Position zusammengefasst. Es können folgende Verbreitungsgebiete unterschieden werden:

In der SW-Ecke des Kartengebietes stehen beidseits des Önztales in verschiedenen Höhengniveaus Schotterterrassen an, die sich bei Berken mit den Schotterterrassen entlang der Aare vereinigen. Die Schotter werden in mehreren Gruben abgebaut. Die Mächtigkeit erreicht aufgrund der Auswertung von Bohraufnahmen max. ca. 30 m. Die aufgeschlossenen Profile sind mehrgliedrig. Der Schotter wird durch eine Lage mit Spuren von Toteissackungen und Glazialtektonik in zwei Sequenzen geteilt und durch einen eindrücklichen Paläoboden mit bis 6 m tiefen Verwitterungskeilen (Kiesgrube Heimenhausen-Hinterfeld auf Atlasblatt Solothurn) abgeschlossen. In ihrem Liegenden wurde in Heimenhausen eine Grundmoräne erbohrt. In Berken-Graben und Oberberken werden sie entweder von Moräne oder sandigen Ablagerungen unbekannter Mächtigkeit unterlagert. Im Hangenden stehen Ablagerungen der Birrfeld-Eiszeit («Würm», vgl. unten) an, die mit einem markanten Blockhorizont (Blöcke oft über einen Meter gross) beginnen (siehe unten, Kapitel Findlingshorizont). Auf Atlasblatt Langenthal wurde der erwähnte Schotter als Rückzugsschotter (q<sub>4s,SWII</sub>) der Letzten Eiszeit («Würm») kartiert.

Der langgestreckte Hügelizeg (Längwald-Eichban südlich Neuendorf) zwischen dem Aaretal und der Ebene des Dünnerntals (Gäu) besteht, abgesehen von schlecht aufgeschlossener Unterer Süsswassermolasse am Nordostrand, fast ausschliesslich aus zum Teil verkittetem Schotter, bedeckt von Relikten tief verwitterter lehmiger Grundmoräne (q<sub>3m</sub>). Über die ursprüngliche Mächtigkeit und die laterale Ausdehnung der Schotter ist wenig bekannt. MÜHLBERG & NIGGLI (1912) kartierten die höchsten Vorkommen auf 520 m ü. M. Auf der Nordseite bei Kestenholz liegt die Basis des Schotters auf 460–470 m ü. M. (nur temporäre Aufschlüsse, vgl. Taf. II). Mit diesen Molasseaufschlüssen deutet sich der nordwestliche Rinnenrand des Schotters an. Auf der Südseite steht der Schotter beim Schürhofwald auf 445 m ü. M. an (Koord. 623.400/233.300). Die Höhenlage der Schotterbasis kann mangels Bohrungen nur grob angegeben werden. Sie liegt im Süden wohl auf etwas über 430 m ü. M. Die Mächtigkeit des Schotters dürfte demnach maximal ca. 80–90 m betragen. In der Kiesgrube Niederbuchsiten-Buechban trägt der Schotter einen ausgeprägten, bis 2 m mächtigen Paläoboden, der sich allerdings auf einer in unmittelbarer Gletschnähe abgelagerten Schicht entwickelte (gekritzte Geschiebe). Dieser Boden wird von der Moräne q<sub>3m</sub> überlagert. Der Schotter ist somit deutlich älter als die Moräne q<sub>3m</sub>. Innerhalb der nordschweizerischen Gliederung (GRAF 2009) könnte er auf die Habsburg- oder die Hagenholz-Vergletscherung zurückgehen, während die Moräne q<sub>3m</sub> der Beringen-Eiszeit angehören dürfte. AEBERHARDT (1908) und NUSSBAUM (1911) betrachteten den Schotter

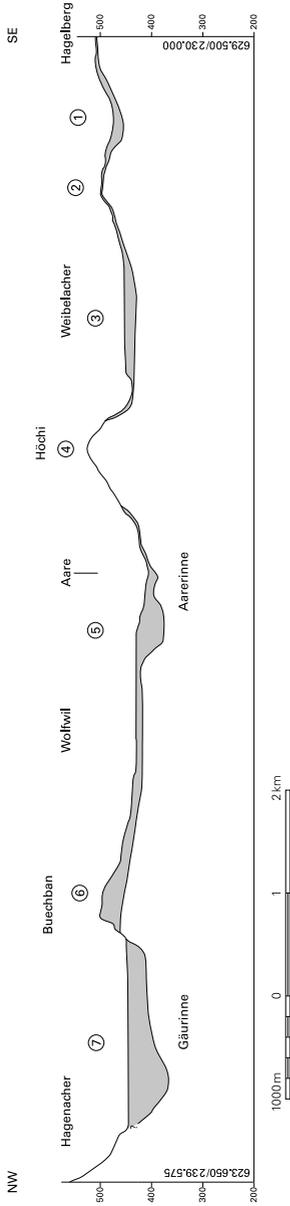


Fig. 7: Die Molasseoberfläche weist durch die glaziale Überarbeitung ein ausgeprägtes Relief auf. Zwischen Molassehügelland und Jura-südflus gliedern vier parallele SW-NE gerichtete Rinnen-Becken-Abfolgen die Felsoberfläche. Jede Rinne hat ihre eigene Entstehungsschicht. Die Rinnen werden von SE nach NW immer tiefer, und die Mächtigkeit der quartären Lockergesteinsfüllung (Schotter, Moränen und Seesedimente) nimmt zu. Sie sind je durch eine schmale Molasseschwelle voneinander getrennt. Von SE nach NW folgen sich:

- 1: Rinne Oberes Önzial – Altachetal – St. Urban – Pfäfinnental
- 2: Hügelzug Steinhof – Thunstetten – Langenthal – Roggwil
- 3: Rinne Burgäschisee – Bützberg – Mumenthal – Murgenthal
- 4: Hügelzug Önzberg – Spichigwald – Muniberg – Höchi
- 5: Berken-Trog: Inkwil – Heimenhausen – Berken – Aarwangen – Aarburg
- 6: Hügelzug Gensberg – Längwald – Kestenholz – Born
- 7: Bipper Trog / Gäu-Rinne



Fig. 8: Aufschluss von «Schottern älterer Vergletscherungen» (Hochterrassenschotter sensu MÜHLBERG & NIGGLI 1912) in der Kiesgrube Niederbuchsiten-Buechban (Koord. 625.050/237.340). Die Abfolge umfasst unten einen gut verkitteten Schotter und darüber einen mächtigen Paläoboden (gut erkennbar am rechten Bildrand). Den Abschluss bildet eine Moräne einer älteren Vergletscherung ( $q_{3m}$ ), die möglicherweise der Beringen-Eiszeit (GRAF 2009) zuzuordnen ist. Foto D. Kälin 2009.

insgesamt als «risszeitlich». MÜHLBERG & NIGGLI (1912) rechneten den ganzen Hügelizeug innerhalb des Kartengebietes wegen der starken Verwitterung den Hochterrassenschottern zu.

An der NW-Flanke des Langetentals schliesst ein schmaler Schotterstreifen an den Hügelizeug Spichigwald – Muniberg – Höchi an (Schotterbasis ca. 440 m ü.M., vgl. Taf. II, Maximalhöhe bei Höchi 495 m ü.M.). Dieser Schotter könnte – zusammen mit den Vorkommen im Osten von Murgenthal (Schotterbasis ca. 430 m ü.M.) – von der Höhenlage her mit demjenigen des Längwaldes verbunden werden. Die Gleichaltrigkeit mit jenem Schotterkörper ist allerdings bisher nicht nachgewiesen. Wahrscheinlich stellt der Schotter, welcher sich im Süden von Rothrist (Oberwil bis Fleckenhausen) erstreckt, die talwärtige Fortsetzung dieser beiden Schotterstränge dar. Die Schotterbasis kann dort auf ca. 415 m ü.M. abgeschätzt werden.

Beiderseits des Pfaffnerentals liegen über der Molasse Relikte von Schotterterrassen mit Verwitterungserscheinungen (zerbrochene Gerölle, rotbraune Ver-



Fig. 9: Aufschluss von gut verkitteten «Schottern älterer Vergletscherungen» (Hochterrassenschotter sensu MÜHLBERG & NIGGLI 1912) bei der Lokalität Unt. Schweissacher zwischen Kestenholz und Wolfwil (Koord. 625.300/236.130). Foto K. Hildbrand, ca. 1988–1990.

färbung), meist durch Grundmoräne einer älteren Vergletscherung bedeckt (vgl.  $q_{3m}$ ). Sie weisen eine sehr heterogene Verbreitung und Morphologie der Auflagerungsfläche auf (Taf. II). Am Südrand des Atlasgebietes ist ihre Basishöhe auf ca. 500–510 m ü.M. abzuschätzen. Sie senkt sich talabwärts und regelt sich bei Rothrist auf die Höhe der dort verbreiteten älteren Schotter ein (s. o.). Diese Situation ist vermutlich auf die Verfüllung einer alten Landschaft – etwa vergleichbar mit der heutigen – zurückzuführen, welche im Zuge des Gletschervorstosses erfolgte, der diesen Schotter später überfuhr ( $q_{3m}$ ).

Weitere Vorkommen von «Schottern älterer Vergletscherungen» finden sich NE von Oensingen (Vogelherd) und östlich von Pfaffnau im Burgwald bzw. NE von Nutteln. Letztere weisen eine aussergewöhnlich hohe Position auf, so dass es sich entweder um randglaziale Ablagerungen einer der grossen Vergletscherungen oder allenfalls um frühpleistozänen Schotter handeln dürfte.

Im Gebiet des Bipper Amts/Dünnern-Gäus kommen ebenfalls ältere Schotter vor. Sie gehören der sehr komplexen Füllung von Bipper Trog und Gäu-Rinne an. Diese ist insgesamt wahrscheinlich jünger als die Schotter des Hügelizeges Längwald-Eichban. Bipper Trog und Gäu-Rinne entstanden möglicherweise im Zuge des Eisvorstosses, welcher die Moräne im Hangenden der Schotter der

Kiesgrube Niederbuchsiten-Buechban hinterliess (Beringen-Eiszeit). Die Felsmorphologie (vgl. Taf. II) deutet darauf hin, dass diese Becken-Rinnen-Struktur zumindest zum Teil als subglaziale Auskolkung aufzufassen ist. Während die Fels-oberfläche im SW auf wenig unter 390 m ü. M. abgeschätzt werden kann, liegt sie zwischen Oensingen und Oberbuchsiten vermutlich auf unter 370 m ü. M. (evtl. unter 360 m ü. M.). Die Sedimentfüllung beginnt mit Moränen und Seeablagerungen von maximal ca. 30 m Mächtigkeit (WEA 1984, 1997, z. B. Bohrung GAB 22, Koord. 621.390/237.130). Darauf liegt eine mehrphasige Schotterabfolge (Unter- kante im SW auf etwas unter 390 m ü. M., im NE ca. 370 m ü. M.). Die Schotter verzahnen sich mit verschiedenen Moränen, die zwischen Wangen a. A., Längwald und Oensingen durch Bohrungen gut dokumentiert sind. Auch Bodenbildungen kommen vor. Gegen oben bildet der Gäu-Schotter den Abschluss. Im Gebiet der Kiesgrube Niederbipp-Holzhäusern wird die Schotterabfolge von 15–20 m Schlammstromablagerungen und Grundmoräne des Niederbipp-Vorstosses über- deckt (vgl. Kapitel  $q_{3m}$  und  $q_{4m}$ ). Diese weisen Bodenmächtigkeiten von über 2 m auf und dürften deshalb älter als der Hauptvorstoss der Letzten Eiszeit sein (vgl. Kapitel  $q_{4m}$ ). Die gleichen Bodenmächtigkeiten zeichnen auch die in der Kar- te als  $q_{4s}$  ausgeschiedenen Gäu-Schotter aus, die als glazifluviale Bildungen an die Moränenwälle des Niederbipp-Vorstosses zwischen Oberbipp und Längwald anschliessen. Sie wären demnach – entgegen der Kartendarstellung – ebenfalls «ältere Schotter». Im Licht der nordschweizerischen Gliederung betrachtet, könn- ten die Moränen und Schotter im Hangenden der Seeablagerungen auf einen Wie- dervorstoss der Gletscher während der Spätphase der Beringen-Eiszeit zurück- gehen.

### **$q_{3m}$ Grundmoränen früherer grosser Vergletscherungen**

Unter der Bezeichnung  $q_{3m}$  wurden verschiedene Moränen zusammengefasst, die älter als der Hauptvorstoss der Letzten Eiszeit sind. Für die Karte wurde davon ausgegangen, dass dieser die Südwestecke des Kartenblattes gerade noch erreichte. Allerdings weisen auch die betreffenden Moränen Bodenmächtigkeiten auf, welche auf ein höheres Alter schliessen lassen könnten (vgl. Kapitel  $q_{4m}$ ).

#### *Moräne auf dem Molassehügelland*

Östlich der Linie Rothrist–Murgenthal–Langenthal liegen tiefgründig ver- witterte Moränen und Geröllstreu direkt auf dem höher liegenden, durch frühere Gletschervorstösse und Erosion überprägten Molasserelief oder auf geringmächtigen Schottern (GERBER & WANNER 1984). Die Mächtigkeit und lithologische Aus- bildung der Moräne sind sehr unterschiedlich. Gute Aufschlüsse sind selten, zei- gen jedoch einen lehmig-siltigen Diamikt mit stellenweise reichlich Geschiebe, häufig jedoch auch nur Silt mit wechselndem Tongehalt.

### *Hügelzug Längwald-Eichban*

Auf dem Hügelzug zwischen Aare und Dünernerbene überlagern 3–4 m tief verwitterte Moränenrelikte die «Schotter älterer Vergletscherungen» ( $q_{3s}$ ). Der Kontakt ist lediglich in der Kiesgrube Niederbuchsiten-Buechban aufgeschlossen (Fig. 8), wo die Moräne  $q_{3m}$  einen Paläoboden auf diesen Schottern überlagert. Ansonsten sind in dem mehrheitlich bewaldeten Hügelzug heute keine Aufschlüsse mehr vorhanden, die eine genauere Abgrenzung zwischen den Schottern und den Moränenrelikten erlauben würden. Deshalb wurde hier auf die Kartierung von MÜHLBERG & NIGGLI (1912) abgestützt.

Im SW des Längwaldes ist ebenfalls  $q_{3m}$  ausgeschieden. Ein Teil dieser Moränen ist aufgrund der geringeren Verwitterungstiefe wahrscheinlich jünger als die weiter im NE gelegenen Ablagerungen und deshalb vermutlich in den Niederbipp-Vorstoss (vgl. Kapitel  $q_{4m}$ ) zu stellen.

### *Moräne südöstlich Lehnfluh (Oensingen)*

Baugrubenaufschlüsse auf der plateauartigen Anhöhe SE der Lehnfluh bei Oensingen (Koord. ca. 620.050/237.370) zeigten im April 2008 bis in eine Tiefe von 3 m beigefarbenen tonigen Silt mit zahlreichen Geröllen. Unter den Geröllen fanden sich auch viele lokale Gerölle aus den kalkigen Schichten des Juras, vor allem der Balsthal-Formation und des Hauptrogensteins.

### *Moräne auf dem Hügelzug Spichigwald–Muniberg–Höchi*

Diese Moräne wurde z.T. als  $q_{3m}$  (im NE) und z.T. als  $q_{4m}$  (im SW, Spichigwald) kartiert. 2009 standen in einer Baugrube bei Bützberg-Rain (Koord. 623.040/229.700/495 m ü. M., Atlasblatt Langenthal) zwei übereinander liegende und durch eine siltige Sandlage voneinander getrennte Moränen im Hangenden der glazial verschleppten Molasse an. Der ganze Stapel war 4 m tief entkalkt, was gegen die Einstufung als  $q_{4m}$  und für ein vorletzteiszeitliches Alter spricht. Im gleichen Jahr stand in einer Baugrube am Nordostende des Spichigwalds in Aarwangen (Koord. 625.000/231.425/470 m ü. M.) eine vergleichbare, bis auf 2,6 m Tiefe vollständig entkalkte Abfolge an. Diese Verhältnisse zeigen auf, dass hier wahrscheinlich mehrere Eisvorstöße am Aufbau der Moränenendecke beteiligt waren und eine Abgrenzung von Moränen unterschiedlichen Alters sehr schwierig ist.

### **$q_{51}$ Seeablagerungen (nur in Bohrungen beobachtet)**

Die Aufnahmen mehrerer Sondierbohrungen in der Gegend von Rothrist-Aarburg zeigen über Malmkalk, Molasse oder Grundmoräne bis 40 m mächtige, tonig-siltige, gut geschichtete Seeablagerungen. In der 2003 gedruckten geologischen Karte wurden diese Ablagerungen noch als postglaziale Bildungen gedeutet und entsprechend in der Kartenlegende angeordnet. Aufgrund der Analyse der

Felsmorphologie (Taf. II) müssen diese Sedimente nun anders interpretiert werden. Im Bereich zwischen Boningen und Aarburg erstreckt sich eine Felsdepression, die talabwärts keine Fortsetzung aufweist. Sie ist wahrscheinlich als Rest eines glazialen Beckens zu deuten. Darauf deuten auch die Vorkommen von glazigenen Sedimenten an der Basis der Depression hin. Maximal wurden 8 m Moräne und 20 m Seeablagerungen festgestellt. Vorläufig werden diese Beckensedimente der Beringen-Eiszeit zugerechnet. Vergleichbare Ablagerungen wurden in Bohrungen zwischen Wolfwil und Wynau sowie NE von Berken festgestellt. Die oben erwähnten Seeablagerungen zwischen Oensingen und Oberbuchsiten (S. 41) sind möglicherweise mit diesen Relikten von glazialen Beckensedimenten zu korrelieren.

## SPÄTPLEISTOZÄN

### q<sub>3-4</sub> Interglaziale Ablagerungen

Die SW-NE verlaufenden Tälichen zwischen Rot- bzw. Aaretal im Westen und Pfaffnerental im Osten werden als randliche, glaziale Entwässerungsrinnen gedeutet, die vermutlich beim etappenweisen Rückzug des Gletschers während der Beringen-Eiszeit entstanden. Darin bildeten sich Mooreseen, die allmählich verlandeten und seitlich durch Hangschutt überschüttet wurden. In einer Bohrung in Balzenwil (Koord. 633.200/232.400) wurden unter einer lehmig-sandigen Deckschicht Torf- und Kohleschichten erbohrt, die vom Habitus her von interglazialer Herkunft sein könnten. Der effektive Nachweis dafür fehlt aber bisher.

### LETZTE EISZEIT (BIRRFELD-EISZEIT, «WÜRM»)

#### *Übersicht*

Nach heutigen Kenntnissen stiessen die alpinen Gletscher seit dem letzten Interglazial mehrmals über den Alpenrand hinaus vor. Ein erster Vorstoss erreichte vor ca. 100 ka das Zürcher Oberland (Hombrechtikon-Vergletscherung, GRAF 2009) und hinterliess den Gossau-Deltaschotter (PREUSSER et al. 2003). Vor ca. 70 ka erreichte ein weiterer Vorstoss das Gebiet von Finsterhennen (PREUSSER & SCHLÜCHTER 2004), während im unteren Reusstal der glazifluviatile Mülligen-Schotter entstand (PREUSSER & GRAF 2002). In der Hauptphase erreichten die Gletscher ihre Maximalstände vor ca. 24 ka (IVY-OCHS et al. 2008). Diese Hauptphase war zweiphasig. Ein erster Vorstoss (Lindmühle-Vergletscherung) wurde vom zweiten (Birmenstorf-Vergletscherung) durch einen Eisrückzug um einen unbekanntem Betrag abgetrennt, welcher mit intensiver Schmelzwassererosion verbunden war. Dies ist insbesondere für den Linth-Rheingletscher klar belegt (KELLER & KRAYSS 2005, GRAF 2009). Anschliessend erfolgte der sukzessive Eis-

rückzug, der mehrere Halte bzw. Wiedervorstösse aufwies, bevor das Eis sehr schnell zerfiel und die Gletscher sich in die Alpen zurückzogen. Im Gebiet der Atlasblätter Balsthal und Murgenthal wird die Maximalausdehnung kontrovers diskutiert und kann bis heute nicht eindeutig festgelegt werden.

#### **q<sub>4m</sub> Grundmoräne der Letzten Grossen Vergletscherung («Würm»)**

Mit dem Begriff der Letzten Grossen Vergletscherung ist der Hauptvorstoss der Birrfeld-Eiszeit (GRAF 2009, das klassische «Würm») gemeint. Im Gebiet des Atlasblattes wurden bisher das «Jüngere Wangener Stadium» mit einer Ausdehnung bis Wangen a. A. und das «Ältere Wangener Stadium», das auf der Linie Oberbipp–Bannwil–Bützberg–Thunstetten durch deutliche Stirnmoränenwälle dokumentiert ist, unterschieden. Oft werden bis heute beide Stadien der Letzten Eiszeit zugeschrieben (z. B. BINI et al. 2009). Wie oben gezeigt wurde, ist dies aber aufgrund der unterschiedlich tiefen Verwitterung und in oberflächlichen Bodenbildungen enthaltenen Paläoböden (MAILÄNDER 2001) unwahrscheinlich. Dies gilt auch für den noch als q<sub>4m</sub> ausgeschiedenen Moränenwäll im Chällerrain (südlicher Längwald) und für die Moränen nordwestlich von Langenthal (Spichigwald). Ob allenfalls das «Jüngere Wangener Stadium» dem Endstand des letzten Eisvorstosses entsprechen könnte, ist noch nicht erwiesen. Die «Endmoränen» von Wangen a. A. auf dem Gebiet von LK-Blatt 1107 Balsthal sind z. T. eher Terrassenkanten, die durch rückwärtige Erosionstälichen als Wallformen erscheinen, aber lithologisch nicht einer Moräne entsprechen.

Anhand von Aufschlüssen, Bohrresultaten und Bodenuntersuchungen erweist sich die stratigraphische Abgrenzung von glazigenen Ablagerungen im Bereich der «Wangener Stadien» als komplex. Es können jedenfalls mehrere Eisvorstösse unterschieden werden:

#### *Langenthal-Vorstoss, Niederbipp-Vorstoss, Findlingshorizont*

Die Stirnmoränenwälle des «Älteren Wangener Stadiums» zwischen Niederbipp (LK-Blatt 1107 Balsthal) und Thunstetten (Atlasblatt Langenthal) werden zumeist von einer mächtigen Decke aus Schlammstromablagerungen und Grundmoräne überdeckt, die z. T. noch weiter nach NE reicht. In verschiedenen Kiesgruben in den Aare- und Önzterrassen sowie in den Gäu-Schottern im Bipper Amt und nordöstlich Bützberg, z. T. innerhalb, z. T. ausserhalb dieser Stirnmoränenwälle, wurde zwischen 435–455 m ü. M. ein markanter Findlingshorizont angetroffen (BINGGELI 1963, 1971, GNÄGI in Vorb.). Im Ostteil der Kiesgrube Walliswil b. N. (HILDBRAND 1990) und in der Kiesgrube Bannwil-Kirche (BINGGELI 1971) waren auch aufgearbeitete Grundmoränenpakete im Findlingshorizont enthalten, was darauf deutet, dass es sich bei diesem um einen Kondensationshorizont handelt. BINGGELI (1971) fasste die oberflächliche Moränenausdehnung und den Findlingshorizont als Zeichen des gleichen Eisvorstosses auf und führte dafür die

«Langenthaler-Schwankung des Älteren Wangener Stadiums» ein. Diese Interpretation wurde von späteren Autoren aufgenommen (GERBER & WANNER 1984).

In der Kiesgrube Walliswil b.N. und in verschiedenen Bohrungen im Gebiet Längwald-Bipper Amt steht zwischen 460–470 m ü.M. Moräne an. Sie ist in der Bohrung Chällerrain (WEA 1984, 1997; GAB 1, Koord. 620.540/231.580) von der jüngeren, die Oberfläche bildenden Moräne des «Älteren Wangener Stadiums» (vgl. Niederbipp-Vorstoss) durch eine 10 m mächtige Schotterlage getrennt. In der Kiesgrube Walliswil b.N. steht sie im Liegenden eines der erwähnten Stirnmoränenwälle an und geht in der obersten Erosionsterrasse an der Aare in den Findlingshorizont über. Die beiden Phänomene der Langenthaler Schwankung gehen also auf zwei verschiedene Eisvorstösse zurück. Der ältere wird in Anlehnung an die Langenthaler Schwankung als Langenthal-Vorstoss bezeichnet. Die Moräne im Hangenden der erwähnten Schotterlage und der Stirnmoränenwälle, die sich im Bipper Amt und Längwald relativ grossflächig ausdehnt, wird zum Niederbipp-Vorstoss gestellt. Der Langenthal-Vorstoss reichte durch Bohrungen belegt etwas weiter als der Niederbipp-Vorstoss (Fig. 10). Wie weit die beiden Vorstösse zeitlich auseinander liegen, ist im Moment noch unklar. Der Findlingshorizont kommt nur innerhalb der Schotterrinnen vor und besteht im proximalen Teil aus den Findlingen des Langenthal- und des Niederbipp-Vorstosses, im distalen Teil evtl. nur noch aus denen des Langenthal-Vorstosses.

Die Bodenmächtigkeiten auf den Ablagerungen beider Vorstösse ist relativ gross (2–3 m). Dies könnte bedeuten, dass Niederbipp- und Langenthal-Vorstoss eher zur Beringen- als zur Birrfeld-Eiszeit gehören. Alternativ kommt allenfalls eine Stellung in der Frühphase der Birrfeld-Eiszeit infrage. Allerdings sind bisher aus keinem anderen Gebiet glazigene Ablagerungen aus diesem Zeitabschnitt ausserhalb des Maximalstandes der Birrfeld-Eiszeit nachgewiesen worden. Ausserdem ist fraglich, ob die warmgetönten Abschnitte der Letzten Eiszeit für eine solch ausgeprägte Bodenbildung ausreichen.

#### **q<sub>4s</sub> Schotter der Letzten Vergletscherung (inkl. Rückzugsschotter)**

Mit dieser Bezeichnung sind auf der Karte die höchstgelegenen der klassischen Niederterrassenschotter versehen worden. Dabei handelt es sich um die Talebenen des Bipper Amts/Dünnern-Gäus, des Aare-Gäus und des Langetentals von Bützberg-Roggwil sowie die oberen Terrassen im Rottal und die obere Terrasse von Oftringen im Wiggertal. Nach bisheriger Auffassung gehören die Schotter dieser Terrassen zur Hauptphase der Birrfeld-Eiszeit. Insbesondere für die hangende Schotterlage im Bipper Amt/Dünnern-Gäu, im Aare-Gäu und nord-östlich Bützberg bestehen diesbezüglich wegen der relativ grossen Bodenmächtigkeiten jedoch Zweifel, die eine Zugehörigkeit der Schotter zum Niederbipp-Vorstoss wahrscheinlich machen. Auch die Terrasse von Bannwil-Stalten ist vermutlich in diesem Zusammenhang zu sehen.

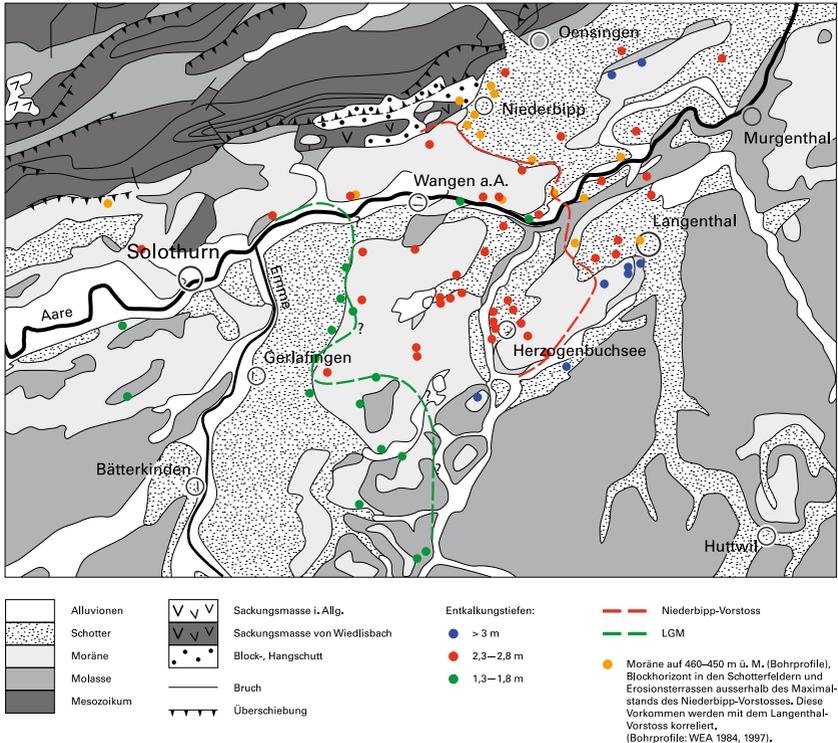


Fig. 10: Karte ähnlicher Entkalkungstiefen (EKT) im Gebiet zwischen Solothurn und Murgenthal. Die Profile wurden in Kieswerken und Baugruben aufgenommen, an Orten, wo eine post-sedimentäre Erosion/Akkumulation von bereits entkalktem Material unwahrscheinlich erschien. Es wird davon ausgegangen, dass die drei Entkalkungstiefenklassen unabhängigen Gletschervorstössen entsprechen, die durch längere Warmphasen voneinander getrennt waren, und dass in diesen Aufschlüssen eine grössere EKT einem älteren Sediment entspricht. Die Vorkommen mit den orangen Punkten lassen vermuten, dass der Langenthal-Vorstoss weiter reichte als der Niederbipp-Vorstoss (rot gestrichelte Linie). Die roten Punkte ausserhalb der rot gestrichelten Linie entsprechen Vorkommen in Schotterterrassen und -feldern des Niederbipp-Vorstosses. Die grünen Punkte entsprechen Vorkommen mit einer EKT, die von Böden auf LGM-Sedimenten bekannt ist. Ausserhalb der grün gestrichelten Linie wurden sie bisher nur auf den untersten Aare- und Önzalterrassen festgestellt. Sie könnten Hinweise dafür sein, dass das LGM im Oberaargau nicht soweit nach NE reichte, wie bisher vermutet (BINI et al. 2009).

Der Verlauf der gestrichelten Linien deutet lediglich eine ungefähre Verbreitung aufgrund der momentan vorhandenen Daten an.

Die Basis der Rinnen mit «Schottern der Letzten Vergletscherung» liegt im Langeten- und Rottal bei rund 420 m ü.M. und im nördlichen Wiggertal bei ca. 380 m ü.M. Dort, wie auch im Aaretal müssen für die Betrachtung der Rinnenkonfiguration auch die Gebiete mit «Fluviatilen Schottern» ( $q_{5s}$ ) miteinbezogen werden. Insgesamt kann der Abschnitt des Aaretales zwischen Unterberken und Rothrist so als breites, flaches Tal bezeichnet werden, mit einer Basishöhe um 420 m ü.M. im SW bis 400 m ü.M. im NE, wobei in dieser Morphologie tiefer eingeschnittene Rinnen bzw. Becken vorkommen (Taf. II). Im Bereich der heutigen Aare liegt die Rinnenbasis im Süden auf etwas über 400 m ü.M. und bei Aarburg bei ca. 370 m ü.M. Diese Talmorphologie geht wahrscheinlich auf eine Wechselwirkung zwischen fluviatiler und glazialer Erosion während der ausgehenden Beringen-Eiszeit zurück. Das kann aus den oben erwähnten Bereichen mit Moränen und Seeablagerungen innerhalb des Tales geschlossen werden. Eine höchstwahrscheinlich fluviatile Rinne verläuft ausserhalb der heutigen Aarerinne zwischen Wolfwil und Boningen, mit einer Rinnenbasis unter 380 m ü.M. Es ist möglich, dass sie im Bereich von Schwarzhäusern weiter im NW verläuft als auf Tafel II angegeben (mangels Bohrdaten nicht klar).

Die glazifluviatilen Schotter der letzten Vergletscherung der verschiedenen Täler setzen punkto Akkumulationsniveau am Nordrand des Kartenblattes gleichmässig auf etwa 420 m ü.M. ein.

Es stellt sich die Frage nach den Umständen der Entstehung dieser komplizierten Rinnen- und Schotterkonfiguration (die reliktsichen Becken im Aaretal ausgeklammert). Interessant ist insbesondere die Tatsache, dass die Rinnen von Langeten- und Rottal bei Obermurgenthal in einer Höhe von ca. 420 m ü.M. ins Aaretal übergehen. Demnach wäre dort von einer Rinnenbasis im ähnlichen Höhenbereich – absinkend gegen NE – auszugehen. Die Oberkante der Felsschulter zwischen Wynau – Fulenbach und Hausermüli würde dieser Annahme entsprechen (ca. 415 m ü.M.), nicht jedoch die Rinne Wolfwil – Boningen, die mindestens 30 m tiefer liegt. Daraus kann geschlossen werden, dass Letztere ein anderes Alter aufweist. Es liegen zurzeit keine Informationen vor, welche eine gesicherte Aussage zum Alter zulassen würden. Allenfalls könnte diese Rinne auf ein Erosionsereignis während der Maximalphase der Letzten Eiszeit zurückgehen, analog zu den im Bereich Thurtaal–Rheintal in der Nordschweiz feststellbaren Verhältnissen (vgl. Abschnitt «Übersicht»). Die Aufschotterung bis zum obersten Niveau hätte dann während des zweiten Vorstosses der Maximalphase stattgefunden.

## Löss

ERNI (1943) beschrieb Vorkommen von Schnecken führendem Löss am Südfuss des Borns bei Ruppoldingen, die er aufgrund ihrer Lage als jünger als das dortige Niveau der Niederterrasse einstuft. Aufgrund seiner kleinräumigen Verbreitung wurde der Löss auf der Karte nicht verzeichnet.

## Holozän

### **q<sub>5s</sub> Fluviale Schotter (auf postglazialen Erosionsterrassen)**

Die geringmächtigen Schotter sind kleingeröllig und enthalten viel Sand. Die häufigen Rutschungen an den randlichen Böschungen verdecken vielfach die Unterlage, bei der handelt es sich meist um Schotter älterer Vergletscherungen (q<sub>4s</sub> bzw. q<sub>3s</sub>) oder Molasse. Das gleiche gilt für die Schotterterrassen im unteren Wiggental. Die Terrassen entstanden durch steten Wechsel des Aarelaufes und durch das sukzessive tiefere Einschneiden des Flusses in ältere Schotterablagerungen und stellenweise in den Molasseuntergrund. Relikte älterer, höher liegender Erosionsflächen blieben dabei als Erosionsterrassen erhalten. Sie sind auf verschiedenen Niveaus ausgebildet, meist getrennt durch scharfe Terrassenränder.

Entgegen der stratigraphischen Einstufung in der Kartenlegende ist eher davon auszugehen, dass die Terrassenlandschaft noch unter glazialen Einfluss entstand, infolge der sich beim etappenweisen Eisrückzug immer wieder verändernden Abflusshöhen der Schmelzwässer. Es stellt sich gar die Frage, ob nicht auch ein Teil dieser «Erosionsterrassen» noch wesentlich älter sein könnte, weisen doch auch hier die Schotter nicht selten Bodenmächtigkeiten von über 2 m auf.

### **q<sub>5L</sub> Hanglehm, Schwemmlehm**

Die quartären Sedimente des Atlasblattes Murgenthal sind grossflächig von einer bis 1,5 m mächtigen «Löss»-Lage bedeckt (CHRISTEN 1999, MAILÄNDER 2001). Es sind vermutlich mehrfach umgelagerte Sedimente, die aus äolischen und verspülten glazigenen Anteilen bestehen. Datierungen ergaben deshalb ganz unterschiedliche Alter (PREUSSER et al. 2007, DETTWILER 2008). An der Basis sind oft Rinnenstrukturen erkennbar.

### **Sackungsmasse; Bergsturzmateriale; Hangschutt, Blockschutt**

Wo Hauptrogenstein oder Malmkalke hohe Felswände bilden, sind die Bergflanken grösstenteils mit Hangschutt bedeckt, der zum Teil verkittet ist. Ein eindrückliches Beispiel liegt in der Grube 0,8 km westlich von Oberbuchsiten vor, wo der Hangschutt 10 bis 12 m Mächtigkeit erreicht.

Die Südflanke der Weissenstein-Antiklinale zwischen Oensingen im Westen und Oberbuchsiten im Osten liegt wahrscheinlich nicht mehr in der ursprünglichen Lagerung vor, sondern ist als mehrere Kilometer breites Paket talwärts gegliedert. Die Schichteinfallen sind mit 25 bis 30° viel zu flach (im Vergleich: An der Ravellenfluh im Westen bei Oensingen ist die Schichtlagerung überkippt, bei Egerkingen im Osten beträgt sie 45–75°), zudem schiebt sich die Flanke in diesem Bereich einige hundert Meter ins Mittelland vor. Die Malmkalke dürften grössten-

teils auf den Effinger Schichten abgerutscht sein. Im Westen ist die Abtrennung zu den anstehenden Malmkalken (Ravellen) sehr scharf, im Osten hingegen gehen die Sackungsmassen nach und nach in die anstehenden Malmkalke über.

Innerhalb der Sackungs- und Rutschungsmassen sind verschiedene Generationen zu erahnen, die jedoch nur schwer miteinander korreliert werden können. So ist eine ältere Generation von Sackungsmassen 10 bis 15 m über den Schotterterrassen der Letzten Eiszeit eingeebnet, teilweise sogar mit einer Lehmschicht bedeckt. Diese terrassenähnlichen Fluren sind von jüngeren Sackungsmassen mit wesentlich markanterem Relief überdeckt. Vermutlich ist die Ursache dieser Sackungen die gleiche wie für die Sackungsmasse bei Wiedlisbach, westlich des Kartenblattes (WIEDENMEYER 1923, HILDBRAND 1990).

Auch die Nordflanke des Roggens zeigt weit abgesackte Malmkalkkomplexe. Bei diesen eher isolierten Vorkommen stellt sich allerdings die Frage, ob sämtliches Material vom Roggen her bis zu einem Kilometer weit auf der Tertiärunterlage abgeglitten ist, oder ob es sich um die letzten, nur leicht versackten Überreste einer längst erodierten Überschiebungsmasse handelt (s. Kapitel Tektonik).

### **Rutschmasse**

Wo Mergel oder tonreiche Gesteine des Mesozoikums und der Unteren Süßwassermolasse den Felsuntergrund bilden und die Schichten hangwärts geneigt sind, können oft Rutschungen festgestellt werden. Teilweise ist nur die Lockergesteinsschicht über der Felsoberfläche von Gleiterscheinungen betroffen. Solifluktion und kleinflächige Rutschbewegungen werden insbesondere am Aareufer auch über der älteren Moräne beobachtet.

### **Erosionsrand, Terrassenkante**

Diese morphologischen Elemente erlauben die altersmässige Unterteilung verschiedener Erosionsterrassen besonders entlang des heutigen Aarelaufes.

### **Bachschuttkegel**

An der Südflanke des Roggens bilden sich häufig Fächer aus dem Material der höher gelegenen Hang- und Blockschuttmassen. Sie fallen besonders durch die deutlich geringere Hangneigung auf.

### **Ehemaliger Flusslauf**

Der Abfluss der Dünnern wurde durch die Gewässerkorrektion in den Jahren 1933 bis 1943 in einen Kanal geleitet, um die Hochwasser besser bewältigen zu können. Gleichzeitig wurden die Entwässerungskanäle in der Dünnernebene in unterirdische Leitungen verlegt.

### **Sumpf, Ried**

Die gut durchlässigen Schotter in den Tieflagen verhindern im Allgemeinen die Ausbildung grösserer Sumpfgebiete durch Staunässe.

### **Kalktuff**

Das einzige nennenswerte Vorkommen von Kalktuff befindet sich östlich Balsthal bei Koord. 622.200/241.200.

### **a Rezente Alluvionen**

Aufgrund des Terrassenniveaus scheinen die jüngsten fluviatilen Schotter entlang der Aare nur zwischen Bannwil und Wynau ausgebildet zu sein. Ein wenig älter scheinen zudem die Schotter in der Senke nördlich von Wolfwil zwischen Schwarzhäusern und Fulenbach zu sein. Hier lagerte die Aare Schwemmmaterial ab, als der Molasseriegel bei Wynau den direkten Durchfluss behinderte. Die jüngsten Alluvionen sind ausserdem besonders entlang der Wigger, Pfaffneren, Langete, Rot und Murg ausgebildet.

### **Bewässertes Kulturland, Wässermatte**

Wässermatten sind im Bereich der Niederterrasse entlang der Langete nördlich von Langenthal vorhanden. Sie boten die Möglichkeit, mit geringen Hilfsmitteln die landwirtschaftliche Produktivität zu verbessern. Über ertragschwachen Schottern konnte durch das regelmässige Wässern ein fruchtbarer Boden aufgebaut werden. Die aufsedimentierte Schicht misst durchschnittlich 60 cm.

### **Künstliche Aufschüttung, verfüllte Grube**

Neben ehemaligen Kiesgruben, die teilweise oder vollständig verfüllt wurden, ist die künstliche Aufschüttung eines alten Einlaufkanals des Elektrizitätswerkes Bannwil erwähnenswert. Industrieanlagen, Bahn- und Strassenbau erforderten mancherorts Dammschüttungen, von welchen nur die wichtigsten kartographisch dargestellt wurden.

## TEKTONIK

(von T. Bitterli † & H. A. Jordi)

### *Juragebiet*

Die NW-Ecke des Gebietes von Atlasblatt Murgenthal ist durch den Faltenjura (Farisberg-Graitery-Antiklinale und Weissenstein-Antiklinale) geprägt. Die Struktur des südlich anschliessenden Mittellandes (Gäu-Synklinale) ist nur schlecht bekannt, da einerseits der Südschenkel der Weissenstein-Antiklinale durch grosse Sackungsmassen verdeckt ist, andererseits die Aufschlussverhältnisse und damit die Gliederungsmöglichkeiten der USM sehr eingeschränkt sind. Aus der Molasse ragt ein exotisch anmutendes Gewölbe hervor: der aus Malm aufgebaute Born südlich von Olten, der gegen WSW scheinbar bruchlos unter die USM eintaucht.

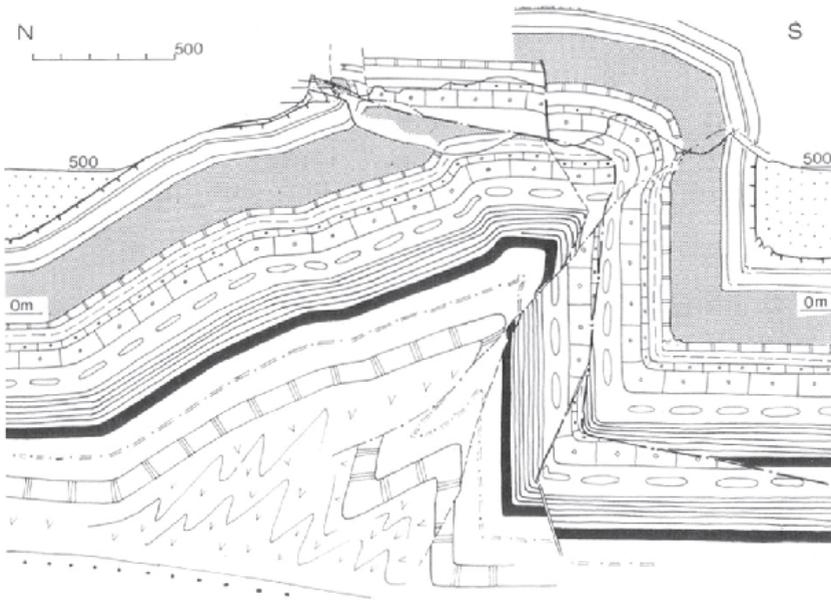
### *Farisberg-Graitery-Antiklinale*

Die Farisberg-Graitery-Antiklinale wird in der NW-Ecke des Atlasblattes nur gestreift. Der steilstehende Malm-Südschenkel bildet in der Klus nördlich von Balsthal deutlich aufragende Felswände. Über den internen Bau dieser Antiklinale bestehen einige Kontroversen; belegt jedenfalls ist eine nordvergente Überschiebung mit einem Betrag von mehreren hundert Metern, die in die Antiklinale eingefaltet ist und mit ihren tieferen Anteilen vermutlich unter die südlich anschliessende Mulde von Balsthal reicht (MEYER 1977).

### *Weissenstein-Antiklinale*

Die Weissenstein-Kette ist eine der bekanntesten und zugleich kontroversenreichsten Juraketten. In tektonischer Hinsicht liefert dabei die Klus von Balsthal-Oensingen (neben dem Balmberggebiet) den tiefsten natürlichen Einblick in den komplizierten Aufbau dieser Antiklinale. Es war MÜHLBERG (1903, 1912), der als erster im Klusengebiet eine Verdoppelung des Hauptrogensteins (Fig. 12) und damit eine verfaltete Überschiebung feststellte.

So prächtig die Aufschlussverhältnisse in der tief eingeschnittenen Klus von Balsthal sind (ungefähr entlang der 500 m-Höhenlinie im Profil 3 der Taf. I), so kontrovers sind die Interpretationsvarianten des tieferen Antiklinalkerns. Charakteristisch für das Gebiet von Blatt Murgenthal ist eine ausgeprägte Südvergenz mit vergleichsweise breitem, mässig steil einfallendem Nordschenkel, breitem Scheitel sowie steilem bis überkipptem Südschenkel. Diese Charakteristik geht bereits aus den beiden Profilen von WIEDENMAYER (1923) hervor. Die neueren Lösungs-



-  Untere Süßwassermolasse (Oligozän)
-  Balsthal- und Reuchenette-Formation
-  Effinger Schichten
-  Birnenstorfer Schichten
-  Varians- bis Herznach-Schichten
-  Haupttrogenstein
-  Passwang-Formation
-  Opalinus-Ton
-  Staffelegg-Formation
-  «Keuper» (Späte Trias)
-  Hauptmuschelkalk (Mittlere Trias)
-  Anhydrit-Formation und Wellengebirge (Mittlere Trias)
-  Buntsandstein (Frühe Trias)

Fig. 11: Profil durch die Weissenstein-Antiklinale in der Klus von Balsthal (Profil von MEIER 1977, publiziert in LAUSCHER & BERNOULLI 1980 und LAUSCHER & HAUBER 1982).

möglichkeiten, welche die Gesetze der tektonischen Materialbilanz berücksichtigen, reichen von der Deutung als asymmetrische Kofferfalte (Fig. 11, nach MEIER 1977, Profil publiziert in LAUBSCHER & BERNOULLI 1980 und LAUBSCHER & HAUBER 1982) mit «turmartiger» Aufrichtung der Anhydritschichten bis zur Annahme einer bedeutenden südvergenten Rücküberschiebung (BITTERLI 1990).

Die von BITTERLI (1995) für die vorliegenden Erläuterungen konstruierte Version des Jurateils von Profil 3 (Taf. I) musste etwas vereinfacht und abgeändert werden. Die seismische Linie SO-14 zeigt eindeutig, dass der Malm-Molasse-Kontakt unter der Rücküberschiebung bei Oensingen nicht in 150 m, sondern ca. in 500 m Tiefe liegt und somit das Molassebecken viel weiter nördlich unter die Rücküberschiebung reichen muss als T. Bitterli angenommen hat (Taf. I, Profil 3).

Der Bau dieser grossen, gegen Osten abklingenden Antiklinale ist schwierig zu deuten, da in der Klus eine nordvergente, in das Weissenstein-Gewölbe eingefaltete Überschiebung (Ausserberg-Überschiebung) von nahezu 1 km Überschiebungsbetrag aufgeschlossen ist. Diese Überschiebungsrampe reicht in ihren tieferen Teilen vermutlich weit unter das Molassebecken. In den frontalen Bereichen (Malm des Chluser Roggens) geht sie in ein kompliziertes, kleinräumiges Schuppensystem über (vgl. Taf. I, Profil 3). Die Überschiebung ihrerseits hat wiederum präexistente, rheinisch streichende Abschiebungen durchtrennt und deren obere Anteile versetzt. Auch weiter gegen Osten lassen sich Störungen desselben rheinischen Systems kartieren, die zumindest teilweise während der miozänen Jura-tektonik als sinistrale Horizontalverschiebungen reaktiviert worden sind.

Die Ausserberg-Überschiebung verläuft leicht schief zur Weissenstein-Antiklinale. Ihr Ausbiss wechselt gegen Osten immer mehr in die Nordflanke hinüber, wo sie unter Hangschutt verborgen ist. Möglicherweise stellen die weit nördlich vorgelagerten, auf USM ruhenden Sackungsmassen teilweise verrutschte Relikte der seither abgetragenen Überschiebungsmassen dar.

### ***Born-Antiklinale***

Der Born am Nordostrand des Kartengebietes erhebt sich relativ sanft aus der nördlich vorgelagerten flachen Gäu-Synklinale, bildet einen breiten, flachgewölbten Scheitel und knickt in den ausgesprochen steilen bis überkippten Süd-schenkel um. Diese, in der Klus von Aarburg deutlich erkennbare Südvergenz, hat bereits F. Mühlberg (in MÜHLBERG & NIGGLI 1912) veranlasst, entlang dem Jura-südfuss bei der Festung Aarburg eine südvergente Rücküberschiebung einzuzeichnen. Aus Gründen der Materialbilanz beträgt sie vermutlich nicht mehr als 100 bis 200 m. Die Geometrie des steilen Born-Südschenkels lässt vermuten, dass diese Born-Rücküberschiebung westlich von Aarburg entlang rheintalisch streichenden Horizontalverschiebungen um einige hundert Meter nach Süden versetzt wird und in WSW-Richtung ins Molassebecken verläuft, wo sie auf den seismi-

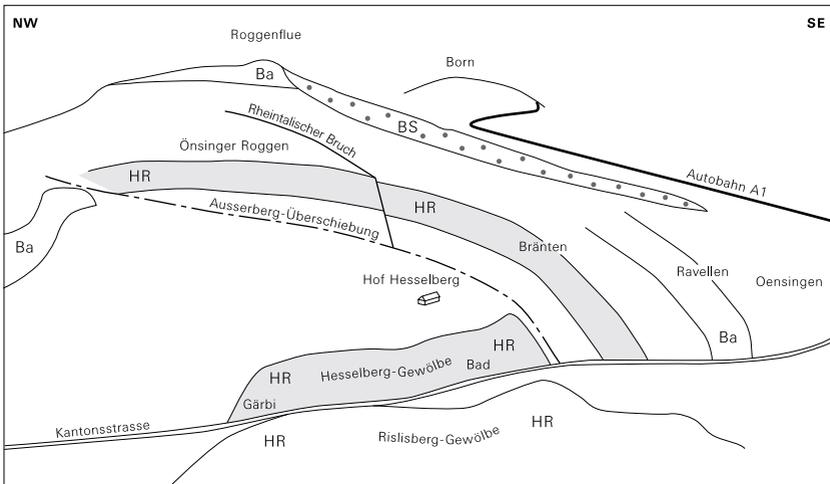


Fig. 12: Ostseite der Klus von Balsthal-Oensingen. In der Bildmitte gut zu erkennen ist die Verdoppelung des Hauptrogensteins durch die Ausserberg-Überschiebung. Zwischen Bad und Gärbi steht der Hauptrogenstein des Nordschenkels als kleines Gewölbe (Hesselberg-Gewölbe) an. Bei Bränten taucht der Hauptrogenstein des überschobenen Südschenkels beinahe vertikal auf und biegt dann beim Önsinger Roggen in beinahe flache Lagerung um. Ba = Balsthal- und Reuchenette-Formation, BS = Bergsturzmaterial, HR = Hauptrogenstein. Der Hauptrogenstein der Klus-Ostseite ist grau hervorgehoben. Foto D. Kälin 2008.

schen Linien NF-02 und SO-14 noch deutlich erkennbar ist (vgl. Fig. 13 sowie Taf. I, Profile 2 u. 3).

Westlich der Aare verflacht sich der steile Südschenkel der Bornstruktur allmählich. Das dort symmetrische Gewölbe taucht in WSW-Richtung unter glaziale Ablagerungen, ist jedoch auf der seismischen Linie NF-02 noch als flache Aufwölbung erkennbar, und geht dann in eine flachliegende Malmplattform (Neuendorf-Plattform) über (Fig. 13).

### ***Rheintalische Störungen***

Rheintalisch streichende Störungen sind im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal sowohl in der Farisberg-Graitery- als auch in der Weissenstein-Antiklinale kartiert worden. Das schönste Beispiel findet sich auf der Ostseite der Klus von Balsthal, wo ein rheintalisch streichender Bruch beim Önsinger Roggen die Abfolge Hauptrogenstein-Effinger Schichten versetzt (vgl. auch Fig. 12). Auch an einigen Stellen des Borns lassen sich rheintalische Störungen belegen, doch sind sie wegen der fehlenden stratigraphischen Feingliederung und der häufigen Moränenbedeckung nur schwer zu verfolgen. Deutliche Beispiele bestehen im Steinbruch in der Nordflanke des Borns (unmittelbar nördlich des Atlasblattes) und bei Hinter Born (NE Boningen).

Die auf den Figuren 13 und 14 angegebenen, vermuteten NE-SW streichenden Transversalstörungen könnten als im Neogen reaktivierte rheinische Störungen interpretiert werden.

### ***Molassegebiet***

Zwischen 1974 und 1983 führte die Erdölindustrie verschiedene seismische Untersuchungen im Gebiet des Kartenblattes aus. Swisstopol gestattete 1999 Einsichtnahme in diese seismischen Profile, um ein ungefähres strukturelles Bild der mesozoischen Unterlage des Molassebeckens dieser Gegend zu erstellen. Das seismische Profil BN 27 (Fig. 15) zeigt, dass die Wynau-Antiklinale leicht nach SE aufgeschoben ist, was vermuten lässt, dass die Wynauer Süswasserkalke wahrscheinlich direkt auf den Malmkalken liegen.

Die interpretierten Strukturachsen können stellenweise etwas von den Achsen der Oberflächengeologie abweichen; dies als Folge von sedimentären Schichtlücken an der Basis und möglichen Mächtigkeitsschwankungen innerhalb der Molasseablagerungen.

Die während der neogenen Schubtektonik entstandenen Strukturelemente sind von NW nach SE:

### ***Gäu-Synklinale***

Eine flache Mulde zwischen Weissenstein- und Born-Antiklinale bzw. deren südwestlichem Übergang in eine flache Malmplatte. Die Molassefüllung dieser



Mulde besteht wahrscheinlich nur aus Aarwanger und etwas Unterer bunter Molasse; die Wynauer Süswasserkalke fehlen. In südwestlicher Richtung taucht sie in das südlich von Oensingen liegende 600 bis 800 m mächtige Molassebecken ab.

### ***Neuendorf-Plattform***

Eine relativ flache Malmkalkplatte bildet den südwestlichen Ausläufer der Bornstruktur, an deren Rand – wie seismische Linien zeigen – die ältesten Schichten der Unteren Süswassermolasse diskordant anlagern; dies lässt auf eine synsedimentäre Hochlage schliessen. Diese Platte ist entlang einer auf seismischen Linien erkennbaren Störungszone – vermutlich eine SW-Verlängerung der Born-Rücküberschiebung – leicht auf die SW liegende Wolfwil-Synklinale aufgeschoben.

### ***Kestenholz-Antiklinale***

Als Fortsetzung der Malmplatte taucht sie als schwache Aufwölbung in südwestlicher Richtung in das 600 bis 800 m mächtige Molassebecken südlich Oensingen ab.

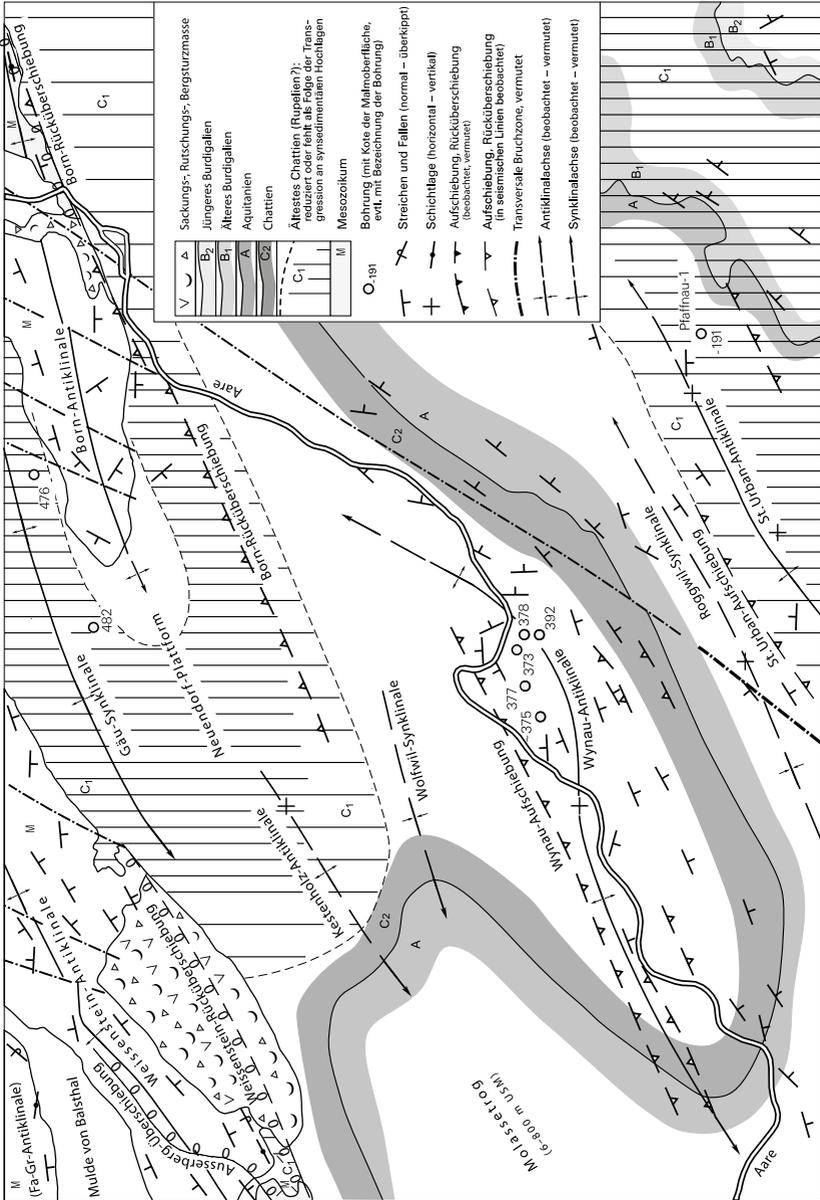
### ***Wolfwil-Synklinale***

Eine ebenfalls nach SW abtauchende Mulde, fast völlig bedeckt von glazialen Ablagerungen und nur erkennbar auf zwei seismischen Linien.

### ***Wynau-Antiklinale***

Die Wynau-Antiklinale wurde bereits von MARTIN (1906) erkannt und stellt eine markante Oberflächenstruktur dar. Wie seismische Linien (Fig. 15) dokumentieren, entstand sie entlang einer steilen NE-SW verlaufenden neogenen Aufschiebungszone. Ihre breite domförmige Aufwölbung an der Kulmination, wo die Wynauer Süswasserkalke in Form eines stratigraphischen Fensters auftreten, entstand durch Anhäufung triassischer Evaporite im Kern der sich ausbildenden Antiklinale. Dabei wurde auch die Südostflanke leicht auf die Roggwil-Synklinale rücküberschoben. Von der Kulmination verläuft die Strukturachse erst ziemlich flach nach SW und taucht dann relativ steil gegen das Westende des Kartengebietes ab. Nach NE fällt die Achse nördlich Obermurgenthal mit etwa 8–10° ab und dreht nach NNE, danach verflacht sich das Gewölbe allmählich.

Die von P. Kelterborn (in ERNI & KELTERBORN 1948) auf der Karte dargestellte, nach Süden ausbuchtende und dann unter der Kirche von Wynau verlaufende Strukturachse muss heute korrigiert werden (Fig. 14). Die Antiklinalachse verläuft



ungefähr durch die Bohrung RB 2, in der die obersten Wynauer Süßwasserkalkbänke auf 435 m ü. M. erbohrt wurden und damit höher liegen als bei der Kirche von Wynau (ca. 400 m). Dies wurde auch durch eine seismische Linie (FREI et al. 1996) bestätigt, die ungefähr parallel zur Antiklinalachse verläuft.

### ***Roggwil-Synklinale***

Die Roggwil-Synklinale ist eine tiefe, sehr flache Mulde zwischen der leicht rücküberschobenen Wynau-Antiklinale und der südöstlich anschliessenden St.-Urban-Antiklinale. Durch diese Depression verläuft vermutlich eine Transversalverschiebung (Fig. 13).

### ***St.-Urban-Antiklinale***

Als relativ flache Struktur bildet sie die nördliche Fortsetzung der Langenthal-Antiklinale. Gemäss seismischen Linien ist sie leicht auf die Roggwil-Synklinale aufgeschoben (Fig. 13). Sie verflacht in nordöstlicher Richtung in der Gegend von Pfaffnau.

Im nordöstlichen Kartengebiet bildet die mesozoische Unterlage des Molassebeckens eine fast strukturlose, von der Born-Rücküberschiebung nach SSE einfallende Monoklinale.

### ***Hinweise zur Abfolge der tektonischen Bewegungen***

(von T. Bitterli †)

Es ist weitgehend unbestritten, dass die grossen Juraketten (Farisberg-Grätery- und Weissenstein-Antiklinalen) zur Hauptsache auf den miozänen (neogenen) Zusammenschub des Deckgebirges über der Mittleren Trias (Anhydritgruppe) zurückgehen (BUXTORF 1916). Dieser von der alpinen Subduktionszone ausgehende Schub, im Betrag von gegen 10 km für das vorliegende Gebiet, umfasste das gesamte westliche Mittelland. Vermutlich wurden die Überschiebungen und Falten an präexistente WSW-ENE verlaufenden Flexuren und Verstellungen des Sockels ausgelöst, die sich jedoch nur sehr schwer lokalisieren lassen (vgl. BITTERLI 1992). Die besser kartierbaren präexistenten Störungen mit rheintalischem Streichen (NNE-SSW) sind entweder passiv in die Faltengebäude einrotiert oder dann als meist sinistrale Horizontalverschiebungen reaktiviert worden.

Mit Sicherheit lassen sich für die Bildung der Weissenstein- und der Farisberg-Antiklinale zwei Phasen ausscheiden. Die erste ist dokumentiert durch die

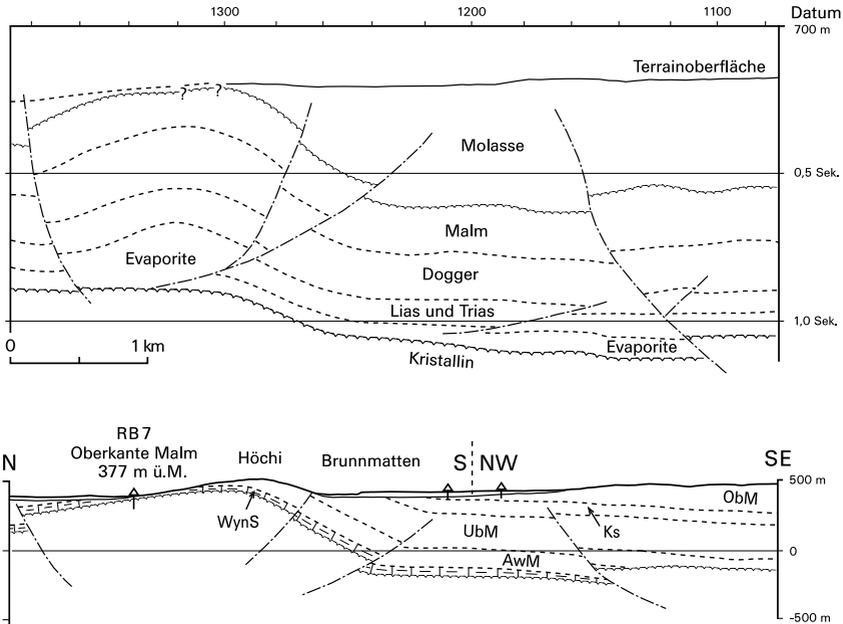


Fig. 15: Interpretation der Seismiklinie 78BN27 über die Wynau-Antiklinale und Profil der Molasse-Schichtfolge. AwM=Aarwanger Molasse, Ks=Kalksandsteinserie, ObM=Obere bunte Molasse, UbM=Untere bunte Molasse, WynS=Wynau-Synklinale.

später verfalteten nordvergenten Überschiebungen in beiden Antiklinalen, die aber nicht unbedingt gleichzeitig entstanden sein müssen. Immerhin zeigen sie eine etwas andere Streichrichtung als die grossen südvergenten Falten der zweiten Phase, welche weitgehend das heutige Relief bestimmen. Auch deren Gleichzeitigkeit ist nicht mit Sicherheit zu belegen.

Bei den Gewölben und Flexuren innerhalb des Molassebeckens ist der jeweilige Anteil der neogenen Abschertektonik und der paläogenen (zur Hauptsache oligozänen bis frühmiozänen) Sockeltektonik schwer zu bestimmen. Gewiss stecken in der grossen Born- und Wynau-Antiklinale noch einige hundert Meter Verkürzung (im Neogen). Teilweise dürfte das Relief aber auch auf paläogene Sockelsprünge und -flexuren zurückgehen, welche letztlich die Auslösung der Falten und Überschiebungen bewirkten. Die Frage nach der Abgrenzung paläogener und neogener Bewegungen stellt sich insbesondere für die weit ins Mittelland vorgelagerte Wynau-Antiklinale. Da die Schichtfolge der USM hier vollständig erhalten

ist (im Gegensatz zu den paläogenen Hochzonen Kappel-Oensingen und Pfaffnau), lässt sich eine hauptsächlich neogene Bildung vermuten.

Auch die Horizontalverschiebungen dürften meist paläogen angelegt und im Neogen als Bewegungsschienen zwischen den Verkürzungszentren reaktiviert worden sein.

Dass sich die neogene Abschertektonik nicht immer als Gewölbe an der Oberfläche abzeichnen muss, zeigt die kofferförmige Faltenstruktur bei der Tiefbohrung Pfaffnau-1. Die seismische Linie NF-02 der Nagra zeigt hier deutlich eine Verschuppung in der Mittleren Trias, welche zu einer breiten Aufwölbung des mesozoischen Schichtstapels führte. Sie scheint an einem negativen Sockelsprung ausgelöst. Dieser Struktur überlagert ist eine bedeutende Schichtlücke (Diskordanz) an der Basis der USM, welche die Tiefeninformation vollständig auslöscht. Diese Sedimentationslücke, die aufgrund einer synsedimentären Hochzone während der Ablagerung der unteren USM entstanden ist, hat nichts mit der weit jüngeren (neogenen) Aufwölbung nahe der Tiefbohrung von Pfaffnau-1 zu tun. Vielmehr spiegelt sie die paläogeographische Situation vor der Abscherung des ganzen westlichen Mittellands wider, das heisst bezüglich des Sockels rund 10 km weiter südlich.

Dasselbe gilt für die ähnlich bedeutende Schichtlücke an der Nordflanke des Borns, welche sich gegen WSW womöglich bis Oensingen erstreckt. Bezüglich des Sockels ist diese oligozäne Hochzone rund 10 km weiter südlich zu beheimaten, was geographisch in etwa der Sockelstruktur unter der heutigen Tiefbohrung Pfaffnau-1 entspricht. Nördlich der Tiefbohrung verläuft der Sockel ziemlich flach und fällt erst südlich davon steiler gegen SSE ab. Die Vermutung liegt nahe, dass die flache Sockelstruktur nördlich der Bohrung eine ehemalige synsedimentäre Hochzone bildete, und die Diskordanz zwischen Born-Südschenkel und Born-Nordschenkel ursprünglich über dem Sockelabfall südlich der Bohrung Pfaffnau-1 zu beheimaten ist. Dies ergäbe einen Abscherbetrag von 10 bis 12 km.

In den beiden beschriebenen paläogeographischen Hochzonen fehlen jeweils dieselben Schichtglieder (Wynauer Süsswasserkalke, Aarwanger Molasse und eventuell ein Teil der Unteren bunten Molasse, Gesamtmächtigkeit 150 bis 200 m). Dies deutet auf eine gleichzeitige synsedimentäre Sockeltektonik hin, welche möglicherweise im Eozän begann, sicher aber während der Ablagerung der Wynauer Süsswasserkalke (gemäss Säugetierfunden vor rund 28 Ma Jahren) und der Aarwanger Molasse aktiv war. Der Abschluss der synsedimentären Sockeltektonik («Randflexuren» des Molassebeckens) ist zeitlich weniger gut definiert, dürfte aber im Bereich von 25–26 Ma Jahren liegen (unterer Teil der Unteren bunten Molasse).

## HYDROGEOLOGIE

### *Juragebiet*

In den mesozoischen Anteilen im Norden des Atlasblattes bilden vor allem der Hauptrogenstein und die Malmkalke potentielle Grundwasserreservoirs. Allerdings weist der Hauptrogenstein nur kleine Oberflächenanteile auf, und es sind fast keine Quellen bekannt. Analog zur Westseite der Klus von Balsthal, wo anhand von Markierversuchen unterirdische Fließwege von über 20 km entlang der Faltenachse belegt sind (HEROLD et al. 2000), könnte der Hauptrogenstein der Ostseite direkt in die Schotter der Balsthaler Klus entwässern.

Der Malmscheitel des Roggens entwässert grösstenteils nach Norden, wo im Kontakt zu den Effinger Schichten eine grössere Quellgruppe zur Trinkwasserversorgung genutzt wird. In der Weissenstein-Südflanke entspringen zahlreiche Quellen den Sackungsmassen und dem Hangschutt. Auch hier sind direkte Übertritte in die Schotter der Rinne Oensingen-Kappel zu vermuten. In den Malmkalken oberhalb von Oberbuchsiten und Egerkingen bestehen zahlreiche Quellen von eher bescheidenen Erträgen.

Rund um den Born treten etliche Quellen aus. Die geringen Schüttungsmengen weisen allerdings darauf hin, dass der grösste Anteil der Karstentwässerung direkt in die umgebenden quartären Schotter hinein erfolgt. Immerhin zeigen die Malmkalke im Scheitelbereich der Antiklinale einen hohen Grad an Verkarstung (Rundkarren, grosse Dolinen in den Umgrenzungen der Moränenauflagerungen), wobei deren Entstehung nicht unbedingt rezent sein muss. Im grossen Steinbruch in der Nordflanke des Borns tritt ein beachtlicher Bach mitten in der ausgebrochenen Malmwand aus. Die unterirdische Entwässerung verläuft hier erstaunlicherweise nicht auf den stauenden Effinger Schichten, sondern weit darüber, mitten in den Malmkalken.

### *Molassegebiet*

Von grosser Bedeutung bezüglich Grundwasservorkommen sind die quartären Schotter in den verschiedenen Felsrinnen.

In den 60 bis 80 m mächtigen Kiessanden des Bipper Amtes fliesst ein 20-40 m mächtiger Grundwasserstrom, der sich im Gebiet Oensingen-Niederbipp in zwei Rinnen aufteilt. Die Rinne Oensingen-Kappel speist bei Olten Quellen von rund 60 000 l/min., 20 000 l/min. fliessen nach Walliswil (Bipp). Die Rinne im Dünnerntal hat bei Neuendorf-Gunzgen einen Überlauf ins Aaretal. Zwischen Hausenmüli und Boningen am linken Flussufer beobachtete A. Hartmann im April 1920 (unpubl. Gutachten für Eidg. Amt für Wasserwirtschaft) auf 1,5 km Uferstrecke 40 Quellen von rund 20 000 l/min. Schüttung. Aareaufwärts ist die Wasser-

führung der Schotterterrassen unbedeutend, da die Aare von Berken bis Hungerzelg grösstenteils auf Molasse fliesst, was zur Folge hat, dass die Terrassen durch Hangfussquellen oder Überlaufquellen entwässert werden. Erst bei Rothrist, wo das Aare- und Wiggertal zusammenmünden, ist wiederum ein grösseres Grundwasservorkommen nutzbar. Im unteren Önzal ist das Grundwasser an mehrere Rinnen (Röthenbach - Berken-Rinne, Unterwald-Rinne) gebunden, die dem Aaretal zuströmen und unter anderem bei Berken ergiebige Quellen speisen. Die Schotterterrasse des Langetentals (Wasserleiter bis 40 m, Grundwasser 0 bis 12 m), die mit der Roggwiler Terrasse verbunden ist, entwässert grösstenteils in den Brunnmatten, wo Quellen mit Schüttungen zwischen 9000 und 20 000 l/min. gespiesen werden. Die Roggwiler Terrasse (Grundwassermächtigkeit ca. 6 m) entwässert in einer Vielzahl von Quellen bei Walliswil.

Die Schotter der älteren Vergletscherungen sind lokal wasserführend und speisen gelegentlich kleinere Quellen über der stauenden Molasseoberfläche, analog den Gebieten, wo Molasse unter geringmächtiger Bedeckung ansteht.

## ROHSTOFFE

### *Kalk, Mergel*

Dünnbankige oolithische Kalke des Haupttrogensteins wurden zur Herstellung von Mauer- und Bruchsteinen bei Balsthal (Klus nördlich St. Wolfgang) und nordwestlich Oensingen (Äussere Klus) in Steinbrüchen gewonnen.

Kalk und Mergel der Effinger Schichten ist ein geeigneter Rohstoff für die Bindemittelherstellung (grosse Steinbrüche und Stollen ausserhalb des Kartengebietes am Born und bei Holderbank).

Oolithische Kalke des späten Oxfordiens wurden bei Balsthal für die Giesselei Klus gewonnen. Bei Aarburg, wo die gleichaltrigen Schichten als bankiger, leicht mergeliger Kalk ausgebildet sind, wurden sie zur Herstellung von Mauersteinen verwendet.

Grössere Kalksteinbrüche in der Balsthal- und Reuchenette-Formation wurden bei Oberbuchsiten, Egerkingen und am Born angelegt. Der feinkristalline bis dichte, meist splittrig brechende und hell gefärbte Kalk wurde als Mauersteine, rohe Bruchsteine und als gebrochenes Material (Brechsand zur Kunststeinherstellung) verwendet.

Die Wynauer Süsswasserkalke wurden in heute überwachsenen Steinbrüchen und in Stollen zwischen Wynau und Ober-Wynau gewonnen und hauptsächlich zum Brennen von Kalkprodukten verwendet.

Mergel der Unteren Süsswassermolasse sind geeignet für Ziegeleizwecke. Eine grössere Abbaustelle südwestlich von St. Urban in der Oberen bunten Molasse ist heute noch in Betrieb (Fig. 16).

### ***Sandstein***

Sandstein aus der Oberen Meeresmolasse wurde lokal in kleineren Steinbrüchen gewonnen. Der Bisig-Muschelsandstein wurde in mehreren Steinbrüchen in der Umgebung von Pfaffnau in grösserem Umfang abgebaut.

Sandstein der Unteren Süsswassermolasse hatte als Baustein nur lokale Bedeutung.

### ***Kies***

Von grosser Bedeutung sind noch heute die grossen Kiesgruben in den Schottern des Aaretals und der Dünnernebene. Weil der Kies einiger Hochterrassenschotter stellenweise verkittet und stark verwittert ist, sind die meisten dieser Gruben heute aufgelassen.

Das Basiskonglomerat der St. Galler Formation wurde in kiesarmen Gegenden als Kiesersatz für den Strassenbau verwendet.

Mancherorts im Jura hat auch Hangschutt als Kiesersatz lokale Bedeutung.

### ***Sand***

Huppererde und Quarzsand wurden in ausserhalb des Kartenblattes liegenden Abbaustellen bei Balsthal und Hägendorf sowie bei Rickenbach-Wangen (bis 1953 in Betrieb) gewonnen. Die linsenförmigen oder an Taschen gebundenen Vorkommen sind heute erschöpft. Sie wurden zur Glasfabrikation und als Formsande in Giessereien gebraucht. Die dabei entstandenen, z.T. kontaminierten Sandrückstände wurden vielerorts und für lange Zeit für Auf- und Verfüllungen jeglicher Art verwendet.

### ***Bohnerz, Boluston***

Bereits 1690 existierte in der Oensinger Klus eine Hammerschmiede. 1793 wurde eine Konzession zum Abbau des Bolustons in der Erzmatt (N Chluser Roggen) erteilt. 1811 wurde in der Klus ein Hochofen erstellt (1877 Stilllegung). Kleinere Vorkommen von Bohnerz wurden in Oensingen, Oberbuchsiten, Egerkingen und Hägendorf abgebaut (ausführliche Beschreibung in BAUMBERGER 1923 und FEHLMANN 1932).

### ***Kohle***

In der Aarwanger Molasse treten vereinzelt dünne Schwemmkohleflöze (5-7 cm mächtig) auf (OPPLIGER 1882, KISSLING 1903). Mehrmalige Ausbeutungsversuche verliefen erfolglos.

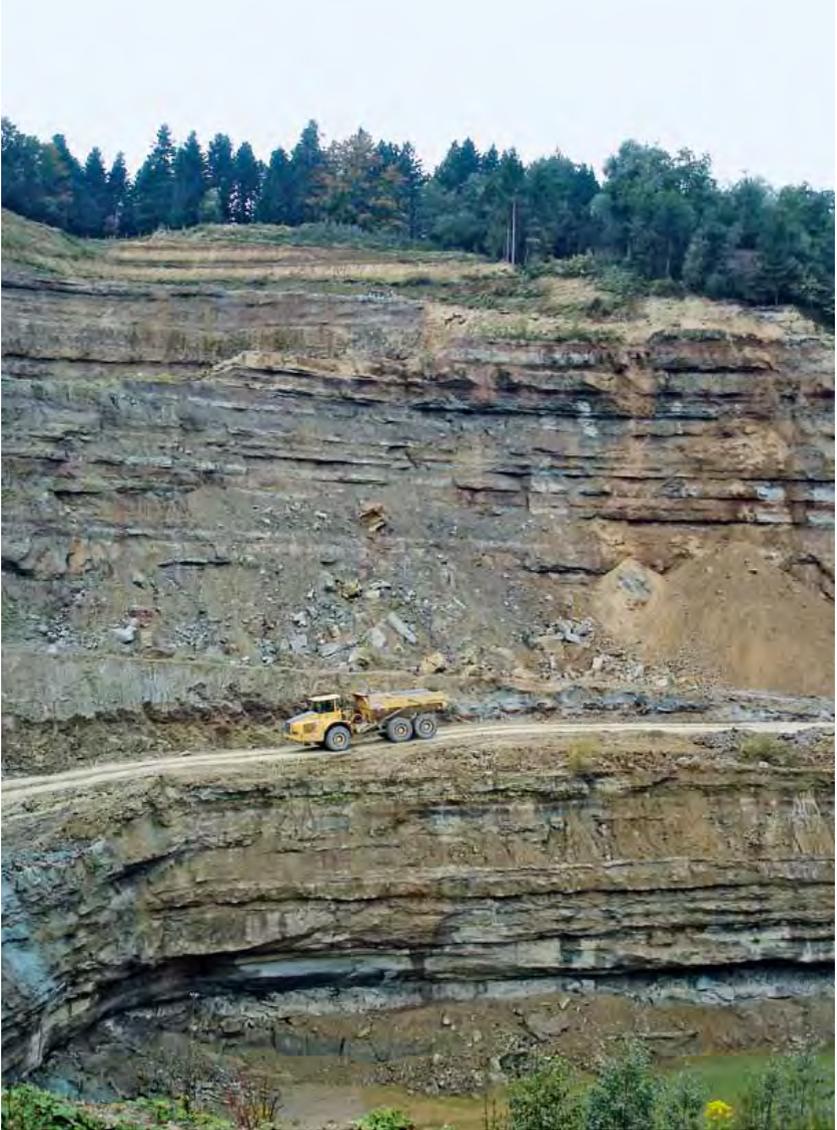


Fig. 16: Abbaustelle der Oberen bunten Molasse (Aquitania) in der Ziegeleigrube südwestlich von St. Urban (Koord. ca. 630.080/230.170). Foto D. Kälin 2010.

### ***Öl- und Gasindikationen***

Der Ölsandstein in der Unteren bunten Molasse entlang der Aare von Murgenthal bis Aarentränki wurde eingehend von HEIM & HARTMANN (1919), HARTMANN (1919) sowie ERNI & KELTERBORN (1948) untersucht. Imprägnierter Sandstein und sogar etwas flüssiges Öl wurden beim Bau des SBB-Tunnels Murgenthal angetroffen. Möglicherweise migrierte das Bitumen aus der Tiefe entlang der vermuteten transversalen Störungszone (Fig. 13 und 14) in diese Sandsteine.

Leichte Gasindikationen wurden in der Bohrung Pfaffnau-1 im unteren Teil der Molasseschichten über dem Malm festgestellt. Produktionsversuche bzw. -tests waren jedoch erfolglos.

## **BOHRUNGEN**

Auf dem Gebiet des Kartenblattes Murgenthal ist für verschiedenste Zwecke (hydrogeologische Untersuchungen, Baugrunduntersuchungen, Rohstoff-Erkundungen, Erdwärmenutzungen etc.) eine Vielzahl von Bohrungen abgetieft worden. Nur eine kleine Auswahl davon ist in der Karte dargestellt. Für die Erstellung der Isohypsenkarte der pleistozänen Rinnen und Becken (Taf. II) wurden mehrere hundert Bohrungen ausgewertet. Die einzige Tiefbohrung im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal ist die Tiefbohrung Pfaffnau-1 (Koord. 632.708/231.789, 500 m ü.M.; BÜCHI et al. 1965 a,b; HOFMANN 1968). Sie wurde 1963 im SE-Teil des Kartengebietes niedergebracht und erreichte eine Endtiefe von 1843 m. Die Bohrung endete im granitischen Sockel und durchteufte 691 m Molasse.

## MURGENTHALTUNNEL

Mit dem 4742 m langen Tunnel wird das Dorf Murgenthal umfahren. Mit Ausnahme der 425 m langen Tagbaustrecke bei Rothrist wurde der Tunnel bergmännisch mit einer Tunnelbohrmaschine in einem weiten Bogen von Norden her vorgetrieben. Der Durchmesser des zweispurigen Tunnels beträgt 10,65 m. Der kleinste Kurvenradius beträgt 1600 m und der grösste 3200 m.

Der bergmännisch vorgetriebene Tunnelabschnitt konnte im September 1998, nach einem Jahr Vortriebszeit, durchschlagen werden.

Geologisch verblieb der Tunnel zumeist in der oligozänen Kalksandsteinserie. Der gesamte Vortrieb stellte geologisch gesehen keine Probleme, auch wenn vereinzelte kleine Vorkommen von Ölsandstein angetroffen wurden. Einzig die Unterfahrung im Gebiet von Glashütten mit der geringen Überdeckung von knapp 12 Metern hatte zum Teil verstärkten Wasserzutritt zur Folge.

## LITERATURVERZEICHNIS

## Zitierte Literatur

- AEBERHARDT, B. (1908): Note préliminaire sur les terrasses d'alluvions de la Suisse occidentale. – *Eclogae geol. Helv.* 10/1, 15–28.
- ALLIA, V. (1996): Sedimentologie und Ablagerungsgeschichte des Opalinustons in der Nordschweiz. – Diss. Univ. Basel.
- BAUMBERGER, E. (1923): Das Bohnerz im Juragebirge. In: Eisen- und Manganerze der Schweiz. – Beitr. geol. Karte Schweiz, geotech. Ser. 13/1.
- (1927): Die stampischen Bildungen der Nordwestschweiz und ihrer Nachbargebiete mit besonderer Berücksichtigung der Molluskenfaunen. – *Eclogae geol. Helv.* 20/4, 533–578.
- BERGER, J.-P., REICHENBACHER, B., BECKER, D., GRIMM, M., GRIMM, K., PICOT, L., STORNI, A., PIRKENSEER, C., DERER, C. & SCHAEFER, A. (2005): Paleogeography of the Upper Rhine Graben (URG) and the Swiss Molasse Basin (SMB) from Eocene to Pliocene. – *Int. J. Earth Sci.* 94, 697–710.
- BINGGELI, V. (1963): Der Hardfndling in Langenthal. – *Jb. des Oberaargaus* 6, 144–151.
- (1971): Bannwiler Block und Langenthaler Schwankung. – *Jb. des Oberaargaus* 14, 213–215.
- BINI, A., BUONCRISTIANI, J.-F., COUTERRAND, S., ELLWANGER, D., FELBER, M., FLORINETH, D., GRAF, H. R., KELLER, O., KELLY, M., SCHLÜCHTER, C. & SCHOENEICH, P. (2009): Die Schweiz während des letzteiszeitlichen Maximums (LGM). Karte 1: 500 000. – Bundesamt für Landestopografie, Wabern.
- BITTERLI, T. (1990): The kinematic evolution of a classical Jura fold: a reinterpretation based on 3-dimensional balancing techniques (Weissenstein Anticline, Jura Mountains, Switzerland). – *Eclogae geol. Helv.* 83/3, 493–511.
- (1992): Die Anwendung der tektonischen Materialbilanz im östlichen Faltenjura. Modellierung der dreidimensionalen Kinematik der Weissenstein-, Farisberg- und Passwang-Antiklinalen und Rückschlüsse auf Sockelstrukturen. – Diss. Univ. Basel.
- (1995): Atlasblatt Murgenthal. – Unpubl. Ber. Büro Schneider + Matousek AG, Baden.
- BITTERLI-DREHER, P. H. (1977): Sedimentologie und Paläogeographie des oberen Doggers im zentralen und nördlichen Jura. – Diss. Univ. Basel.
- BITTERLI-DREHER, P. [H.], GRAF, H. R., NAEF, H., DIEBOLD, P., MATOUSEK, F., BURGER, H. & PAULI-GABI, T. (2007): Blatt 1070 Baden. – *Geol. Atlas Schweiz* 1: 25 000, Erläut. 120.
- BLÄSI, H.-R. (1987): Lithostratigraphie und Korrelation der Doggersedimente in den Bohrungen Weiach, Riniken und Schafisheim. – *Eclogae geol. Helv.* 80/2, 415–430.
- BÜCHI, U. P., LEMCKE, K., WIENER, G. & ZIMDARS, J. (1965): Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens. – *Bull. Schweiz. Ver. Petroleum-Geol. u. -Ing.* 32/82, 7–38.
- BÜCHI, U. P., WIENER, G. & HOFMANN, F. (1965): Neue Erkenntnisse im Molassebecken auf Grund von Erdöltiefbohrungen in der Zentral- und Ostschweiz. – *Eclogae geol. Helv.* 58/1, 87–108.
- BURKHALTER, R. M. (1993): Die Passwang-Alloformation (unteres Aalénien bis unteres Bajocien) im zentralen und nördlichen Schweizer Jura – Sequenzstratigraphie, synsedimentäre Tektonik, Genese von Eisenoolithen und Stromatolithen. – Diss. Univ. Bern.
- (1996): Die Passwang-Alloformation (unteres Aalénien bis unteres Bajocien) im zentralen und nördlichen Schweizer Jura. – *Eclogae geol. Helv.* 89/3, 875–934.
- BUXTORF, A. (1916): Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letzteren für die Geologie des Juraebirges. – *Verh. natf. Ges. Basel* 27, 184–254.

- CARTIER, R. (1858): Sur la Molasse d'eau douce d'Aarwangen. – Arch. Sci. phys. nat. (Genève), nouv. pér. 2, 132.
- (1859): Calcaire d'eau douce de Wolfwyl. – Verh. schweiz. natf. Ges. 43, 60.
- (1862): Geologische Notizen über die Mergel mit Tierresten und das Bohnerz zu Egerkingen. In: RÜTIMEYER, L.: Eocene Säugetiere aus dem Gebiet des schweizerischen Jura. – N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw. 19, 12.
- (1874): Geologische Notizen über Langenbruck und seine Umgebung. – Schultze, Basel. 1–20.
- CHRISTEN, G. (1999): Pedogenese im Solothurnischen Gäu – Parabraunerden mit wahrscheinlichen Lössablagerungen und Kryoturbationen auf den Schottern der Kiesgrube Aebisholz. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Bern.
- DETTWILER, J. (2008): Zur Geomorphologie periglazialer, lösslehmhaltiger Deckschichten im Schweizer Mittelland und Altersdatierung der Sedimente mittels der Lumineszenzmethode. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Bern.
- DICK, K. A., GRAF, H. R., MÜLLER, B. U., HARTMANN, P. & SCHLÜCHTER, C. (1996): Das nordalpine Wasserschloss und seine eiszeitgeologische Umgebung. – Eclogae geol. Helv. 89/1, 635–645.
- ENGESSER, B. (1990): Die Eomyidae (Rodentia, Mammalia) der Molasse der Schweiz und Savoyens. – Schweiz. paläont. Abh. 112.
- ENGESSER, B. & MÖDDEN, C. (1997): A new version of the Biozonation of the Lower Freshwater Molasse (Oligocene and Aagenian) of Switzerland and Savoy on the basis of fossil mammals. In: AGUILAR, J.-P., LEGENDRE, S. & MICHAUX, J. (Eds.), Actes du Congrès BiochroM'97. – Mémoires et Travaux de l'E.P.H.E., Institut de Montpellier, 21, 475–499.
- ERNI, A. (1943): Ein neues Lössvorkommen am Südfuss des Born bei Ruppoldingen westlich Aarburg mit Bemerkungen über den Löss von Olten und Aarau. – Mitt. aargau. natf. Ges., 11, 78–91.
- ERNI, A. & KELTERBORN, P. (1948): Ölgeologische Untersuchungen im Molassegebiet südlich Wangen a. d. Aare–Aarburg. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 26/2.
- ETTER, W. (1990): Paläontologische Untersuchungen im unteren Opalinuston der Nordschweiz. – Diss. Univ. Zürich.
- FEHLMANN, H. (1932): Die schweizerische Eisenerzeugung. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 8/3.
- FISCHER, H. (1965): Geologie des Gebietes zwischen Blauen und Pfirter Jura. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 122.
- FISCHER, H. & LUTERBACHER H. (1963): Das Mesozoikum der Bohrung Courtion 1 und Altishofen 1. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 145.
- FREI, W., DE HAAS, S., HÄBERLE, J. & STEIGER, H. (1996): Neue Erkenntnisse über die Lage der verkarsteten Malmoberfläche im Bereich der Antiklinale von Wynau. – Bull. angew. Geol. 1/1, 65–75.
- FUECHTBAUER, H. (1964): Sedimentpetrographische Untersuchungen in der älteren Molasse nördlich der Alpen. – Eclogae geol. Helv. 57/1, 157–298.
- GERBER, E. (1932): Über den Fund eines Rhinocerotiden aus der untern Süsswassermolasse von Langenthal und dessen stratigraphische Stellung. – Eclogae geol. Helv. 25/2, 274–275.
- (1936): Über einen zweiten Rhinocerotiden-Fund aus der untern Süsswasser-Molasse von Langenthal. – Eclogae geol. Helv. 29/2, 580.
- (1950): Erläuterungen zu Blatt 22 (Fraubrunnen–Wynigen–Hindelbank–Burgdorf) des geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000. – Schweiz. Geol. Komm.

- GERBER, M. E. & WANNER J. (1984): Blatt 1128 Langenthal. – Geol. Atlas Schweiz 1:25 000, Erläut. 79.
- GIBBARD, P. L. (2003): Definition of the Middle/Upper Pleistocene boundary. – *Global and planetary change* 3, 201–208.
- GIBBARD, P. L., BOREHAM, S., COHEN, K. M. & MOSCARIELLO, A. (2004): Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2004a. – *Int. Union Quaternary Res. (INQUA) homepage*.
- GIBBARD, P. L. & COHEN, K. M. (2008): Global chronostratigraphical correlation table for the last 2.7 million years, version 2008. – *Int. Union Quaternary Res. (INQUA), int. Union geol. Sci. (IUGS)*.
- GIBBARD, P. L., HEAD, M. J. & WALKER, J. C. (2010): Formal ratification of the Quaternary System/Period and the Pleistocene Series/Epoch with a base at 2.58 Ma. – *J. Quat. Sci.* 25/2, 96–102.
- GNÄGI, C. (2007): Die Landschaft um Aarwangen zur Zeit des Wynauersees. – *Jb. des Oberaargaus* 50, 86–105.  
– (in Vorb.): Langenthaler Schwankung und Findlingshorizont. – *Jb. des Oberaargaus*.
- GONZALEZ, R. (1993): Die Hauptrogenstein-Formation der Nordwestschweiz (mittleres Bajocien bis unteres Bathonien). – *Diss. Univ. Basel*.
- GONZALEZ, R. & WETZEL, A. (1996): Stratigraphy and palaeogeography of the Hauptrogenstein and Klingnau Formations (middle Bajocian to late Bathonian), northern Switzerland. – *Ecolgae geol. Helv.* 89/2, 695–720.
- GRAF, A. A., STRASKY, S., IVY-OCHS, S., AKÇAR, N., KUBIK, P. W., BURKHARD, M. & SCHLÜCHTER, C. (2007): First results of cosmogenic dated pre-Last Glaciation erratics from the Montoz area, Jura Mountains, Switzerland. – *Quaternary int.* 164–165, 43–52.
- GRAF, H. R. (1993): Die Deckenschotter der zentralen Nordschweiz. – *Diss. ETH Zürich* 10205.  
– (2009): Stratigraphie von Mittel- und Spätpleistozän in der Nordschweiz. – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 168.
- GRAF, H. R., BURKHALTER, R. & BEER, C. (in Red.): Die Ablagerungen des Eiszeitalters: stratigraphisches Konzept und Nomenklatur am Beispiel der Nordschweiz.
- GYGI, R. A. (1969): Zur Stratigraphie der Oxfordstufe der Nordschweiz und des süddeutschen Grenzgebietes. – *Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.]* 136.
- GYGI, R. A. (2000): Integrated stratigraphy of the Oxfordian and Kimmeridgian (Late Jurassic) in northern Switzerland and adjacent southern Germany. – *Denkschr. schweiz. Akad. Natw.* 104.  
– (2003): Perisphinctacean ammonites of the Late Jurassic in northern Switzerland. A versatile tool to investigate the sedimentary geology of an epicontinental sea. – *Schweiz. paläont. Abh.* 123.
- HARTMANN, A. (1919): Untersuchungen über das Vorkommen von Petroleum in den Kantonen Aargau und Solothurn. – *Mitt. aargau. natf. Ges.* 15, 75–109.
- HEIM, ARN. & HARTMANN, A. (1919): Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz. – *Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser.* 6.
- HEROLD, T., JORDAN, P. & ZWAHLEN, F. (2000): The influence of tectonic structures on karst flow patterns in karstified limestones and aquitards in the Jura Mountains, Switzerland. – *Ecolgae geol. Helv.* 93/3, 349–362.
- HILDBRAND, K. (1990): Das Endmoränengebiet des Rhonegletschers östlich von Wangen a. A. (inkl. Karte 1:10 000 des Gebiets Wangen a. A. – Bannwil – Niederbipp). – *Unveröff. Diplomarb. Univ. Zürich*.

- HOFMANN, F. (1968): Zur Sedimentpetrographie der Molasse in den Bohrungen Pfaffnau Süd 1, 2, 4 und 5, Boswil 1 und Hünenberg 1. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 35/87, 35–41.
- IVY-OCHS, S., KERSCHNER, H., REUTHER, A., PREUSSER, F., HEINE, K., MAISCH, M., KUBIK, P. W. & SCHLÜCHTER, C. (2008): Chronology of the last glacial cycle in the European Alps. – J. Quat. Sci. 23/6–7, 559–573.
- JORDI, H. A., BITTERLI, T. & GERBER, M. E. (2003): Geologischer Atlas der Schweiz 1: 25 000 Blatt 1108 Murgenthal (ohne Erläuterungen). – Bundesamt für Wasser und Geologie.
- KAUFMANN, F. J. (1872): Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. – Beitr. geol. Karte Schweiz II.
- KEHRER, L. (1922): Beiträge zur Kenntnis der Geologie von Olten-Aarburg und Umgebung. – Diss. Univ. Zürich.
- KELLER, B., BLÄSI, H.-R., PLATT, N. H., MOZLEY, P. S. & MATTER, A. (1990): Sedimentäre Architektur der distalen Unteren Süsswassermolasse und ihre Beziehung zur Diagenese und den petrophysikalischen Eigenschaften am Beispiel der Bohrung Langenthal. – Nagra tech. Ber. NTB 90-41.
- KELLER, O. & KRAYSS, E. (2005): Der Rhein-Linth-Gletscher im letzten Hochglazial, 1. Teil: Einleitung, Aufbau und Abschmelzen des Rhein-Linth-Gletschers im Oberen Würm. – Vjschr. natf. Ges. Zürich 150/1–2, 19–32.
- KISSLING, E. (1903): Die schweizerischen Molassekohlen westlich der Reuss. – Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 2.
- KOPP, J. (1952): Die Erdölbohrung Altishofen. – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 19/57, 21–24.  
– (1955): Ergebnisse der Bohrung Altishofen. – Mitt. natf. Ges. Luzern 17, 197–214.
- LAUBSCHER, H. P. & BERNOULLI, D. (1980): Cross-section from the Rhine Graben to the Po Plain. In: TRÜMPY, R. (Ed.): Geology of Switzerland. A guide-book. – Wepf & Co. Basel, New York.
- LAUBSCHER, H. P. & HAUBER, L. (1982): Querschnitt durch das Juragebirge zwischen Oensingen und Basel. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver. [N.F.] 64, 73–77.
- LEUTHARDT, F. (1922): Die Echinidenfauna des Born bei Ruppoldingen. – Eclogae geol. Helv. 22, 361–364.  
– (1928): Über die Fauna der Birmensdorferschichten im Schweizerjura. – Eclogae geol. Helv. 21/1, 256–259.
- MAILÄNDER, R. (2001): Stratified Soils on the Central Swiss Plateau. – Diss. Univ. Bern.
- MARTIN, B. (1984): Zur Geologie der Weissenstein-Kette zwischen Matzendorf (SO) und Wiedlisbach (BE). – Unveröff. Lizentiatsarb. Univ. Bern.
- MARTIN, R. (1906): Die untere Süsswassermolasse in der Umgebung von Aarwangen. – Eclogae geol. Helv. 9/1, 77–117.
- MAURER, H., GERBER, M. E. & NABHOLZ, W. K. (1982): Sedimentpetrographie und Lithostratigraphie der Molasse im Einzugsgebiet der Langete (Aarwangen-Napf, Oberaargau). – Eclogae geol. Helv. 75/2, 381–413.
- MAYO, N. A. (1980): Die Archaeomyinae LAVOCAT 1952 (Rodentia: Mammalia) von Oensingen und Mümliswil (Oberoligozän) im Zusammenhang mit der stratigraphischen Einstufung dieser beiden Fundstellen. – Eclogae geol. Helv. 73/3, 1095–1107.
- MEIER, B. (1977): Zur Geologie der Klus von Balsthal-Oensingen (Ostseite). – Unveröff. Diplomarb. Univ. Basel.

- MEYER, J. (1977): Zur Geologie der Klus von Mümliswil. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Basel.
- MOESCH, C. (1857): Das Flözgebirge im Kanton Aargau. – N. Denkschr. schweiz. natf. Ges. 15, 1–80.
- (1863): Vorläufiger Bericht über die Ergebnisse der im Sommer 1862 ausgeführten Untersuchungen im Weissen Jura der Kantone Solothurn und Bern. – Verh. schweiz. natf. Ges. in Luzern 1862 (46. Vers.), 156–167.
  - (1867): Der Aargauer-Jura und die nördlichen Gebiete des Kantons Zürich geologisch untersucht und beschrieben. – Beitr. geol. Karte Schweiz 4.
- MÜHLBERG, F. (1903): Zur Tektonik des nordschweizerischen Kettenjura. – N. Jb. Mineral. Geol. Paläont. Beilbd. 17, 464–485.
- (1912): Überschiebungen und Verwerfungen in den Klusen von Oensingen und Mümliswil. – Eclogae geol. Helv. 12/2, 168–169.
- MÜHLBERG F. & NIGGLI P. (1912): Geologische Karte des Gebietes Roggen–Born–Boowald 1: 25 000. – Geol. Spezialkarte 67.
- (1913): Erläuterungen zur geologischen Karte des Gebietes Roggen–Born–Boowald 1: 25 000. – Geol. Spezialkarte 67.
- Nagra (2008): Vorschlag geologischer Standortgebiete für das SMA- und das HAA-Lager. Geologische Grundlagen. Textband. – Nagra tech. Ber. NTB 08-04.
- NUSSBAUM, F. (1911): Das Endmoränengebiet des Rhonegletschers von Wangen a. A. – Mitt. natf. Ges. Bern 1910, 141–168.
- OPPLIGER, F. (1882): Geologische Monographie von Aarburg und Umgebung. – Unveröff. Diplomarb. ETH Zürich.
- (1914): Die Spongien der Birmensdorfschichten des schweizerischen Jura. – Abh. schweiz. paläont. Ges. 40.
- PENK, A. & BRÜCKNER, E. (1901–1909): Die Alpen im Eiszeitalter. Bd. 1–3. – Tauchnitz, Leipzig.
- PICOT, L. (2002): Le Paléogène des synclinaux du Jura et de la bordure sud-rhénane: paléontologie (Ostracodes), paléoécologie, biostratigraphie et paléogéographie. – GeoFocus 5.
- PREUSSER, F., BLEI, A., GRAF, H. R. & SCHLÜCHTER, C. (2007): Luminescence dating of Würmian (Weichselian) proglacial sediments from Switzerland: methodological aspects and stratigraphical conclusions. – Boreas 36, 130–142.
- PREUSSER, F. & GRAF, H. R. (2002): Erste Ergebnisse von Lumineszenzdatierungen eiszeitlicher Ablagerungen in der Nordschweiz. – Jber. Mitt. oberrh. geol. Ver. [N.F.] 84, 419–438.
- PREUSSER, F., GEYH, M. A. & SCHLÜCHTER, C. (2003): Timing of Late Pleistocene climate change in lowland Switzerland. – Quat. Sci. Rev. 22, 1435–1445.
- PREUSSER, F. & SCHLÜCHTER, C. (2004): Dates from an important early Late Pleistocene ice advance in the Aare valley, Switzerland. – Eclogae geol. Helv. 97/2, 245–253.
- REINMANN, U. (2004): Böden und Deckschichten im Längwald (Schweizer Mittelland) – Pedologische Untersuchungen im Endmoränengebiet des Rhonegletschers bei Walliswil b.N., Wiedlisbach, Oberbipp. – Unveröff. Diplomarb. Univ. Bern.
- REMANE, J., ADATTE, T., BERGER, J.-P., BURKHALTER, R., DALL’AGNOLO, S., DECROUEZ, D., FISCHER, H., FUNK, H., FURRER, H., GRAF, H. R., GOUFFON, Y., HECKENDORN, W. & WINKLER, W. (2005): Richtlinien zur stratigraphischen Nomenklatur. Schweizerisches Komitee für Stratigraphie. – Eclogae geol. Helv. 98/3, 385–405.
- RICHMOND, G. M. (1996): The INQUA-approved provisional Lower–Middle Pleistocene boundary. In: TURNER, C. (Ed.): The Early Middle Pleistocene in Europe (p. 319–327). – Balkema, Rotterdam.

- RÜTIMEYER, L. (1862): Eocaene Säugetiere aus dem Gebiet des schweizerischen Jura. – N. Denkschr. schweiz. Ges. Natw. 19, 12.
- (1890): Uebersicht der eocaenen Fauna von Egerkingen, nebst einer Erwiderung an Prof. E. D. Cope. Zweiter Nachtrag zu der eocaenen Fauna von Egerkingen. – Abh. schweiz. paläont. Ges. 17.
  - (1891): Die eocäne Säugethier-Welt von Egerkingen. – Schweiz. paläont. Abh. 18.
  - (1892): Die eocaenen Säugetiere von Egerkingen. – Verh. natf. Ges. Basel 10/1.
- SCHAUB, S. & HÜRZELER, J. (1948): Die Säugetierfauna des Aquitanien vom Wischberg bei Langenthal. – Eclogae geol. Helv. 41/2, 354–366.
- SCHLÜCHTER, C. & KELLY, M. (2010): Das Eiszeitalter in der Schweiz (überarb. Nachdruck). – IGCP 378, Geol. Inst. Univ. Bern, Stift. Landschaft u. Kies, Uttigen.
- SCHMIDT-KITTLER, N. (Ed., 1987): International Symposium on Mammalian Biostratigraphy and Paleocology of the European Paleogene, Mainz, 18–21 February 1987. – Münchner Geowiss. Abh. (A) 10.
- STEHLIN, H. G. (1903): Die Säugetiere des schweizerischen Eocaens. Critischer Catalog der Materialien. 1. Teil: Die Fundorte. Die Sammlungen. – *Chasmotherium*. – *Lophiodon*. – Abh. schweiz. paläont. Ges. 30, 1–153.
- (1905): Die Säugetiere des schweizerischen Eocaens. Critischer Catalog der Materialien. 2. Teil (Fortsetzung): *Palaeotherium*. – *Plagiolophus*. – *Propalaeotherium*. – Abh. schweiz. paläont. Ges. 31, 259–445.
  - (1910): Über die Säugetiere der schweizerischen Bohnerzformation. – Verh. schweiz. natf. Ges., Tagung Basel 1910, 1, Vorträge und Sitzungsprotokolle, 138–167.
  - (1914): Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung. – Verh. natf. Ges. Basel 25, 179–202.
  - (1922): Säugetierpaläontologische Bemerkungen zur Gliederung der oligocaenen Molasse. – Eclogae geol. Helv. 16/5, 575–581.
- THALMANN, H. K. (1966): Zur Stratigraphie des oberen Malm im südlichen Berner und Solothurner Jura. – Mitt. natf. Ges. Solothurn 22, 3–126.
- TSCHUMI, P. (1983): Geologische Untersuchungen in der Weissenstein-Kette westlich der Klus von Balsthal (von Oensingen bis Oberbipp). – Unveröff. Lizentiatsarb. Univ. Bern.
- VONDERSCHMITT, L. & TSCHOPP, H. J. (1953): Die Jura-Molasse-Grenze in der Bohrung Altishofen (Kt. Luzern). – Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. 20/58, 23–28.
- WEA, WERNER + PARTNER, KELLERHALS + HÄFELI (1984, 1997): Grundlagen für Schutz und Bewirtschaftung der Grundwasser des Kantons Bern: Hydrogeologie Bipperamt. – Wasser- und Energiewirtschaftsamt des Kantons Bern.
- WIEDENMAYER, C. (1923): Geologie der Juraketten zwischen Balsthal und Wangen a. A. – Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] 48.
- WEGMÜLLER, S. (1992): Vegetationsgeschichtliche und stratigraphische Untersuchungen an Schieferkohlen des nördlichen Alpenvorlandes. – Denkschr. schweiz. Akad. Natw. 102.
- WETZEL, A. & ALLIA, V. (2003): Der Opalinuston in der Nordschweiz: Lithologie und Ablageungsgeschichte. – Eclogae geol. Helv. 96/3, 451–469.

### Unpublizierte Berichte

- Swisspetrol (1976): Vibroseismische Messungen Gebiet N Solothurn – W Olten. – Unpubl. Ber.
- (1977): Vibroseismische Messungen S Solothurn – Langenthal – Pfaffnau. – Unpubl. Ber.

## KARTENVERZEICHNIS

**Geologische Karte der Schweiz 1: 500 000, 2005**

**Tektonische Karte der Schweiz 1: 500 000, 2005**

**Geologische Generalkarte der Schweiz 1: 200 000**

Blatt 2      Basel–Bern, von P. CHRIST, 1942.

**Geologische Karte der Schweiz 1:100 000**

Blatt VII    Porrentruy–Solethurn (2. Auflage), von L. ROLLIER & E. KISSLING, 1904.

Blatt VIII    Aarau–Luzern–Zug–Zürich (2. Auflage), von A. AEPPLI, E. BAUMBERGER, E. BLÖSCH, A. BUXTORF, A. ERNI, R. FREI, ALB. HEIM, J. HUG, P. NIGGLI, F. MÜHLBERG, A. WETTSTEIN & A. JEANNET, 1913 .

**Geologischer Atlas der Schweiz 1: 25 000**

Nr. 3      Laufen–Bretzwil–Erschwil–Mümliswil (SA 96–99), von R. KOCH, E. LEHNER, A. WAIBEL & M. MÜHLBERG, 1936.

Nr. 72      Solothurn (LK 1127), von H. LEDERMANN, 1977

Nr. 79      Langenthal (LK 1128), von M. E. GERBER & J. WANNER, 1984

Nr. 84      Sursee (LK 1129), von M. E. GERBER & J. KOPP, 1990.

**Geologische Spezialkarten**

Nr. 1      Karte vom Canton Basel, 1: 50 000, von A. MÜLLER, 1862.

Nr. 45      Geologische Karte der Umgebung von Aarau, 1: 25 000, von F. MÜHLBERG, 1908

Nr. 65      Geologische Karte von Zofingen, 1: 25 000, von P. NIGGLI, 1912.

Nr. 67      Geologische Karte des Gebietes Roggen–Born–Boowald, 1: 25 000, von F. MÜHLBERG & P. NIGGLI, 1912.

Nr. 73      Geologische Karte des Hauensteingebietes, 1: 25 000, von F. MÜHLBERG, 1915.

Nr. 121      Geologische Karte der zentralen Nordschweiz, 1: 100 000, von A. ISLER, F. PASQUIER & M. HUBER, 1984.

**Weitere geologische Karten mit topografischer Grundlage**

B      BAUMBERGER, E. (1923): Geologische Karte des Dünnerntals und der Umgebung von Corcelles, 1: 25 000. – In: Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. 13/1.

K      KOPP, J. (1935): Geologische Karte von Langenthal, 1: 10 000. – Langenthaler Heimatblätter 1935.

**Topografische Karten**

1087–1089	} Landeskarte der Schweiz 1: 25 000
1107–1109	
1127–1129	

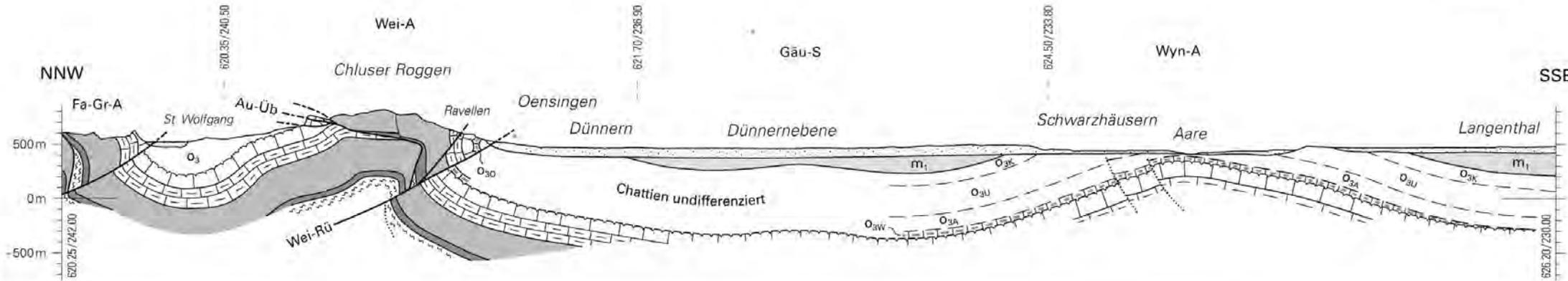
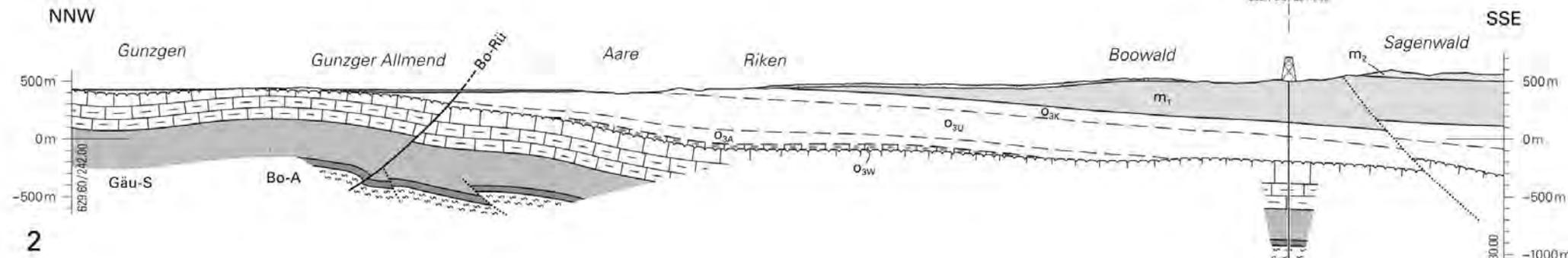
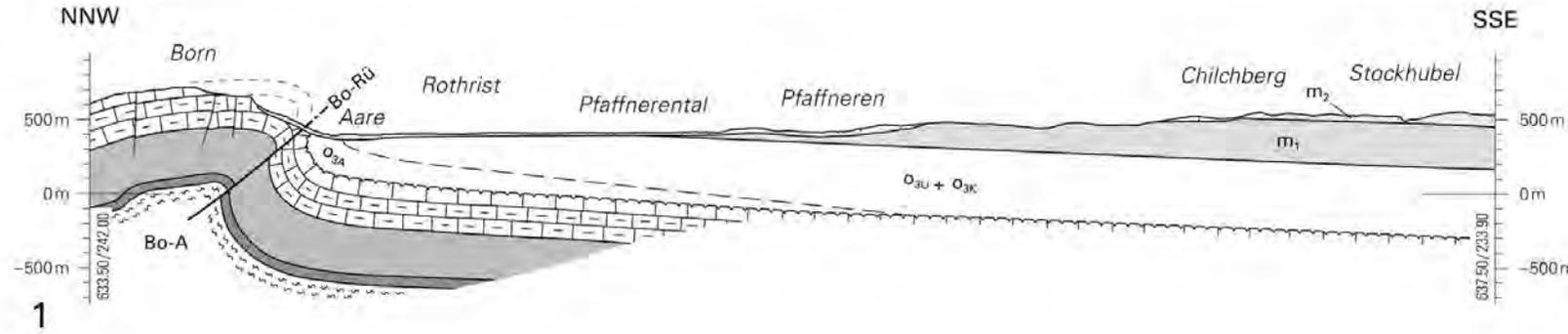


## BEILAGE

Tafel I: Geologische Profile durch das Gebiet von Atlasblatt Murgenthal

Tafel II: Isohypsenkarte der pleistozänen Rinnen und Becken im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal 1: 50 000.

- |         |                                |       |  |
|---------|--------------------------------|-------|--|
| Au-Üb   | Ausserberg-Überschiebung       | ----- | Überschiebung, Rücküberschiebung                               |
| Bo-A    | Born-Antiklinale               | ———   | Rheintalischer Bruch   |
| Bo-Rü   | Born-Rücküberschiebung         | ..... | Überschiebung, Verwerfung;<br>in seismischen Linien beobachtet |
| Fa-Gr-A | Farisberg-Graitery-Antiklinale | ----- | Stratigraphischer Kontakt;<br>in seismischen Linien beobachtet |
| Gäu-S   | Gäu-Synklinale                 | ~~~~~ | Oberfläche Mesozoikum (Malm)                                   |
| Wei-A   | Weissenstein-Antiklinale       | ----- | Tiefbohrung  |
| Wei-Rü  | Weissenstein-Rücküberschiebung | ----- |  |
| Wyn-A   | Wynau-Antiklinale              | ----- |  |



## Geologische Profile durch das Gebiet von Atlasblatt Murgenthal

zusammengestellt von

**Hans Andreas Jordi**

nach Unterlagen von

**BITTERLI (1990, 1992, 1995); DIEBOLD, NAEF & AMMAN (1991); MEIER (1977); MEYER (1977) und eigenen Aufnahmen**

<b>Quartär</b>		<b>Jura</b>	
	Glaziale und postglaziale Ablagerungen		Balsthal-Formation
			Wildeggen-Formation
			Dogger
			Staffellegg-Formation
<b>Tertiär</b>		<b>Trias</b>	
	<b>Oberer Meeresmolasse</b>		Keuper
	Luzerner Formation		Muschelkalk
	<b>Untere Süsswassermolasse</b>		Buntsandstein
	Oberer bunte Molasse		
	Kalksandsteinserie		
	Untere bunte Molasse		
	Aarwanger Molasse		
	Wynauer (O3W) bzw. Oensinger (O3O) Süsswasserkalke		
	Elsässer Molasse (im Jura)		
	<b>Kristallines Grundgebirge</b>		Prävariszisches und variszisches Kristallin

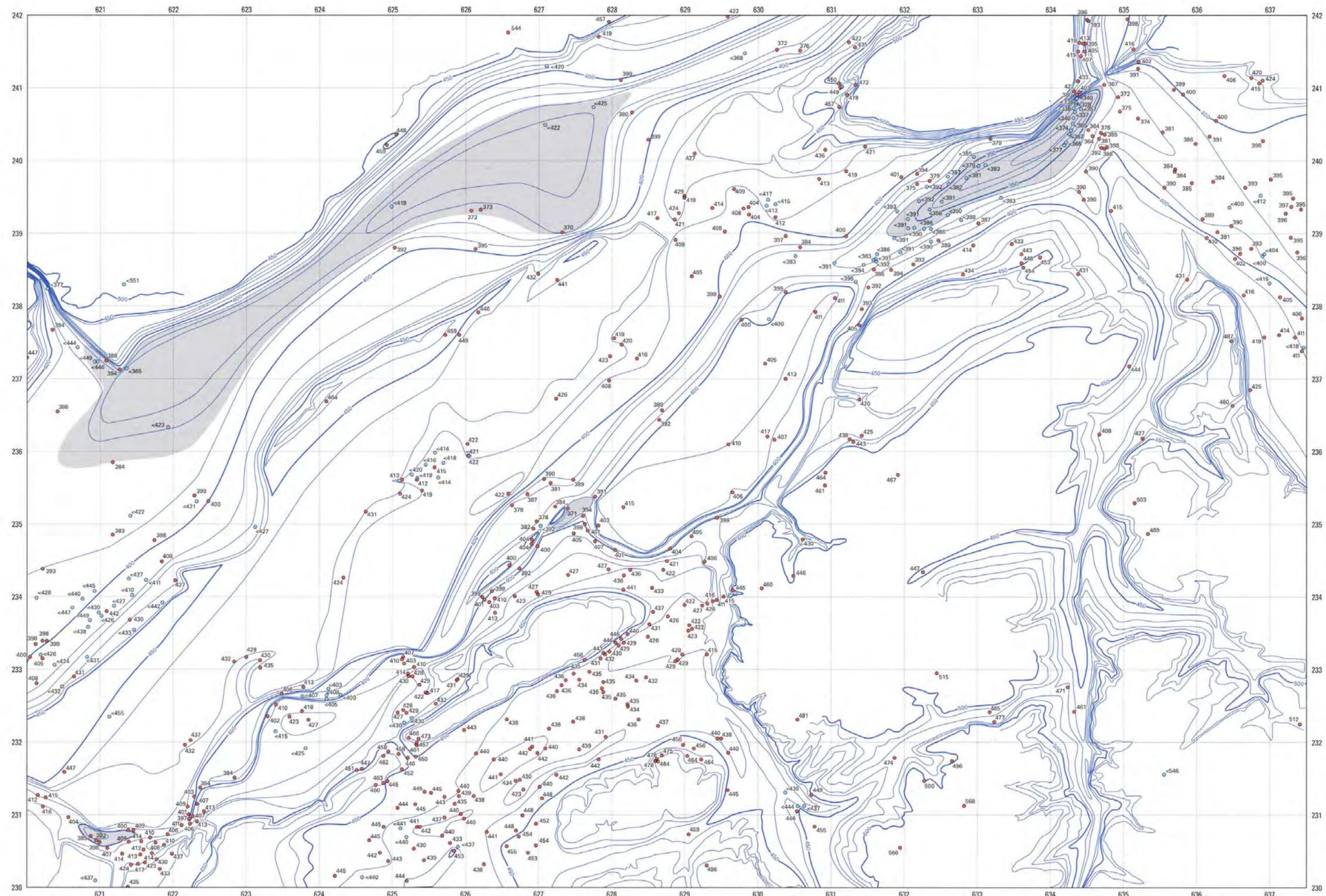
Massstab 1:50 000



### Isohypsenkarte der pleistozänen Rinnen und Becken im Gebiet von Atlasblatt Murgenthal

von  
Hans Rudolf Graf und Heike Willenberg

Massstab 1:50 000



- c433 ● Bohrung, Fels erreicht  
mit Kote Fels in m ü. M.
- <412 ● Bohrung, Fels nicht erreicht  
mit Endtiefe in m ü. M.
- 450— Felsisohypse, mit Angabe m ü. M.  
(Äquidistanz 10 m)
- Beckensedimente (Seeablagerungen,  
z.T. auch mit Moränenlagen)