

**Zeitschrift:** Eclogae Geologicae Helvetiae  
**Band:** 45 (1952)  
**Heft:** 2

**Artikel:** Geologie des Wistenlacherberges (Mont Vully) und der Umgebung von Murten (Kt. Freiburg)  
**Autor:** Ramseyer, Rudolf  
**DOI:** <https://doi.org/10.5169/seals-161576>

### **Nutzungsbedingungen**

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. [Siehe Rechtliche Hinweise.](#)

### **Conditions d'utilisation**

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. [Voir Informations légales.](#)

### **Terms of use**

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. [See Legal notice.](#)

**Download PDF:** 15.10.2024

**ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>**

# ECLOGAE GEOLOGICAE HELVETIAE

Vol. 45, N° 2 — 1952

## Geologie des Wistenlacherberges (Mont Vully) und der Umgebung von Murten (Kt. Freiburg)

Mit 8 Textfiguren, 7 Tabellen im Text und 2 Tafeln (VIII und IX)

Von **Rudolf Ramseyer**

### Inhaltsverzeichnis

Vorwort . . . . .	167
Molasse . . . . .	169
I. Geschichte der geologischen Erforschung . . . . .	169
II. Stratigraphie . . . . .	170
A. Lithologie der Sedimente . . . . .	170
1. Einleitung . . . . .	170
2. Sedimentpetrographische Untersuchungen . . . . .	171
a) Probeentnahme . . . . .	171
b) Vorbehandlung der Proben . . . . .	172
c) Bestimmung des Karbonatgehaltes . . . . .	172
d) Bestimmung des Sand- (Grobsand und Feinsand) und des Silt-Ton-Gehaltes . . . . .	173
e) Einteilung und Benennung der Sedimente . . . . .	174
f) Anwendung des Nomenklaturschemas bei der Arbeit im Felde . . . . .	176
3. Die Farben der Sedimente . . . . .	176
4. Beschreibung der einzelnen Sedimenttypen . . . . .	178
a) Sandsteine . . . . .	178
b) Kalksandsteine . . . . .	179
c) Siltig-tonige Sandsteine, sandige Silttone und Silttone . . . . .	181
d) Mergel, sandige Mergel und siltig-tonige Kalksandsteine . . . . .	182
e) Mergelkalke (Kalkmergel), sandige Mergelkalke und siltig-tonige Sandkalke . . . . .	183
5. Lithologie und regionale Verbreitung des Aquitanien . . . . .	183
6. Lithologie und regionale Verbreitung des Burdigalien . . . . .	186
B. Fossilführung und Alter der Sedimente, Grenze Aquitanien/Burdigalien . . . . .	188
1. Einleitung . . . . .	188
2. Fossilführung der „Unteren Süßwassermolasse“ . . . . .	190
3. Fossilführung der marinen Molasse . . . . .	193
4. Anschluss an die Nachbargebiete . . . . .	195
C. Fazies und Entstehung der Sedimente . . . . .	196
1. Die „Untere Süßwassermolasse“ (Aquitanien) . . . . .	196
2. Die burdigale Transgression . . . . .	198



III. Tektonik . . . . .	199
A. Der Wistenlacherberg . . . . .	199
1. Einleitung . . . . .	199
2. Verwerfung von Sur-le-Mont . . . . .	200
3. Übrige Verwerfungen . . . . .	201
4. Die Mont Vully-Synklinale . . . . .	201
B. Die Umgebung von Murten . . . . .	202
Quartär . . . . .	202
I. Historische Einleitung . . . . .	202
II. Diluvium . . . . .	205
III. Alluvium . . . . .	208
A. Das Grosse Moos und die Broyetalebene . . . . .	208
B. Felsstürze, Sackungen, Rutschungen und Schlipfe . . . . .	208
C. Schuttkegel . . . . .	210
D. Gehängelehm, Gehängeschutt und Verwitterungsbildungen . . . . .	210
E. Torf . . . . .	210
F. Quellen . . . . .	211
Zusammenfassung . . . . .	213
Literaturverzeichnis . . . . .	215

#### Verzeichnis der Illustrationen

Fig. 1. Topographisch-geologische Übersichtskarte. . . . .	168
Fig. 2. Karbonat-Sand-Silt-Ton-Dreieck . . . . .	172
Fig. 3. Karbonat-Grobsand-Feinsand-Dreieck . . . . .	173
Fig. 4. Einteilung und Benennung der Sedimente. . . . .	174
Fig. 5. Korngemisch-Histogramme der Testproben und der einzelnen Sedimenttypen . . . . .	177
Fig. 6. Schliffzeichnung eines siltig-tonigen Sandsteines . . . . .	181
Fig. 7. Schliffzeichnung eines siltig-tonigen Kalksandsteines . . . . .	182
Fig. 8. Blockdiagramm der Captage „F“ (Wasserversorgung Bellechasse) auf der Nordseite des Wistenlacherberges (555 m ü.M.) . . . . .	212

Tafel VIII: Geologisches Stereogramm des Wistenlacherberges (Mont Vully).

Tafel IX: Stratigraphisches Detailprofil von der Nordseite des Wistenlacherberges (Creux Pissiaux).

## Vorwort

Die Arbeiten für die vorliegende Dissertation wurden auf Anregung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. R. F. RUTSCH, im Herbst 1948 begonnen und im Wintersemester 1951/52 abgeschlossen.

Ausgangspunkt der Untersuchungen war die geologische Detailkartierung der Siegfriedblätter Sugiez (312) und Murten (314). Als topographische Grundlage für die Feldaufnahmen dienten Vergrößerungen der erwähnten Atlasblätter im Maßstab 1:10 000, die von der Eidgenössischen Landestopographie angefertigt wurden. Für die Gemeinden Faoug (Pfauen), Greng, Clavaleyres und Murten standen mir Übersichtspläne im Maßstab 1:10 000 zur Verfügung. Zur Ergänzung der oft nicht sehr genauen und zum Teil veralteten Siegfriedblätter benützte ich Flugaufnahmen aus dem Photoatlas 1946 der Eidgenössischen Landestopographie. Sämtliche topographische Angaben in der vorliegenden Arbeit beziehen sich auf den Siegfriedatlas.

Die ganze Arbeit wurde unter der Leitung von Herrn Prof. Dr. R. F. RUTSCH ausgeführt. Für seine nie erlahmende Hilfsbereitschaft spreche ich ihm meinen ganz besonderen Dank aus.

Während meiner Studienzeit konnte ich auch stets mit der tatkräftigen Hilfe meiner verehrten Lehrer, der Herren Prof. Dr. J. CADISCH und Prof. Dr. H. GÜNZLER-SEIFFERT, rechnen.

Bei den sedimentpetrographischen Untersuchungen wurde mir die volle Unterstützung der Herren Prof. Dr. HCH. HUTTENLOCHER und Dr. TH. HÜGI vom Mineralogischen Institut der Universität Bern zuteil. Beiden Herren bin ich zu grossem Dank verpflichtet, insbesondere Dr. HÜGI für seine vielen praktischen Ratschläge.

Den Herren Prof. Dr. W. NOWACKI und Dr. H. BÜRKI danke ich für röntgenographische Aufnahmen, Herrn Dr. J. HÜRZELER, Kustos am Naturhistorischen Museum in Basel, für die Bearbeitung der Säugetierreste, den Herren Prof. Dr. M. REICHEL (Basel) und H. HAGN (München) für die Bestimmung der Foraminiferen, Herrn Dr. AEM. MÜLLER, Autor des Schweizer Farbenatlasses, für viele Ratschläge zum Farbenproblem der Sedimente und Herrn Prof. Dr. W. RYTZ vom Botanischen Institut der Universität Bern für die Bestimmung der Pflanzenreste.

Herr Prof. Dr. F. DE QUERVAIN überliess mir die Akten der Petroleum-Expertenkommission, die im Archiv der Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Zürich aufbewahrt sind.

Durch das freundliche Entgegenkommen der Herren Direktoren der freiburgischen Strafanstalt Bellechasse und der bernischen Strafanstalt Witzwil wurde mir das Studium der Wasserstollen am Wistenlacherberg ermöglicht. Herr Direktor Dr. KELLERHALS stellte mir ferner während einer Woche einen Arbeiter für Aufschlussgrabungen zur Verfügung.

Herrn Dr. A. BERSIER (Lausanne) danke ich für die anregende Führung im Gebiete des Mont Jorat und oberen Broyetals, ebenso meinen Studienkameraden A. JORDI, F. BURRI und H. OERTLI für gemeinsame Begehungen im Gebiet von Yverdon, Jensberg und Dotzigenberg.

Während der Arbeit im Felde stellte mir Herr K. UETZ, Lehrer in Oberbottigen, für längere Zeit sein Ferienchalet in Sugiez am Murtensee zur Verfügung, wofür ich ihm hier meinen herzlichen Dank ausspreche.

Zum Schluss gilt der grösste Dank meinen Eltern, die durch ihr Vertrauen und grosse finanzielle Opfer mein Studium überhaupt ermöglichten.

Die Belegsammlung und die Originalzeichnungen zur Dissertation sind im Geologischen Institut der Universität Bern deponiert.

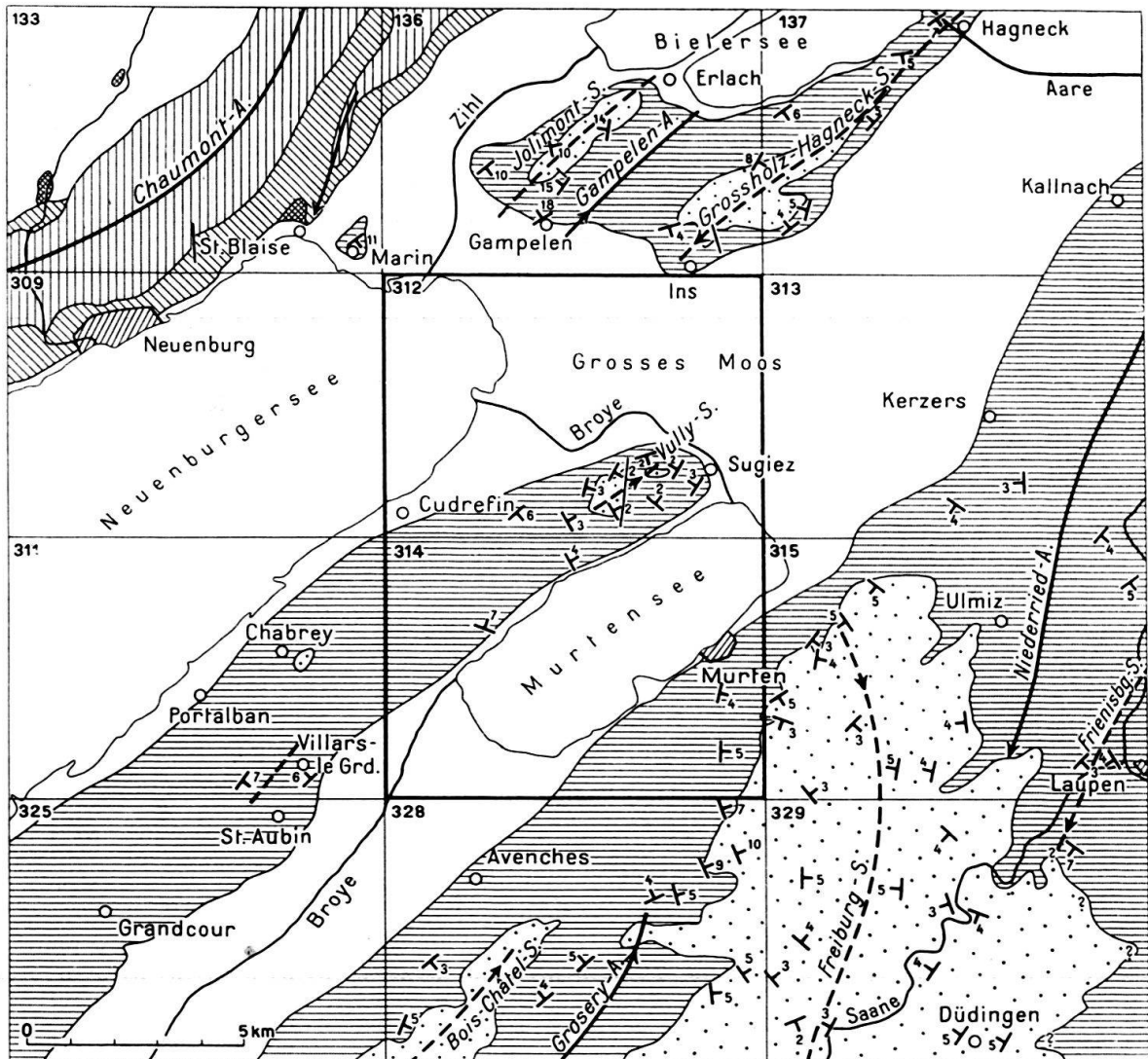


Fig. 1. Topographisch-geologische Übersichtskarte (mit Netzeinteilung nach den Blättern der Siegfriedkarte 1 : 25 000).

## Molasse

### I. Geschichte der geologischen Erforschung

Die älteste Angabe über unser Untersuchungsgebiet finden wir in der Arbeit: *Traité des pétrifications* von L. BOURGUET & CARTIER (1742). Es sind darin in einer Liste Fossilfundstellen bei Münchenwiler und bei Ins aufgeführt. J. E. GUÉTARD (1752) hat diese Fundstellen in seiner mineralogischen Karte der Schweiz mit Zeichen eingetragen.

G. DE RAZOUMOWSKY (1789) gibt in seiner *Histoire naturelle du Jorat ...* ein Profil aus der Süßwassermolasse des Wistenlacherberges und erwähnt den Muschel-sandsteinbruch von Sur-le-Mont.

In den Werken von B. STUDER (1825, 1853, 1872) erhalten die Sedimente unseres Gebietes ihren ganz bestimmten Platz innerhalb der schweizerischen Molasseablagerungen: Der „Oberen Meeresmolasse“ entspreche am Wistenlacherberg der Muschelsandstein, der hier als Muschel-nagelfluh ausgebildet sei. Darunter folge die „Untere Süßwassermolasse“ aus horizontal liegender oder nur schwach geneigter Knauer- und Mergelmolasse mit Einlagerungen bunter, vorherrschend roter Mergel.

In der von I. BACHMANN (1867) revidierten zweiten Ausgabe der STUDER-ESCHERSCHEN *Carte Géologique de la Suisse* (1853) sind die Ablagerungen des Wistenlacherberges in eine „molasse d'eau douce inférieure“ und eine Kappe von „molasse marine“ gegliedert.

Die gleiche Gliederung finden wir in Blatt XII der geologischen Karte der Schweiz im Maßstab 1:100 000 von V. GILLIÉRON, I. BACHMANN und A. JACCARD (1879). Die Aufnahmen in unserem Gebiet samt dem dazugehörigen Text stammen von V. GILLIÉRON (1885). Am Wistenlacherberg ist nach GILLIÉRON die „Untere Süßwassermolasse“ in einer Mächtigkeit von 165 m aufgeschlossen. Ihre Gesamtmächtigkeit schätzt er auf mindestens 310 m. Charakteristisch seien für diese Serie die raschen lithologischen Wechsel in horizontaler Richtung, wodurch die Korrelation benachbarter Profile unmöglich werde. Die marine Molasse sei auf einer unregelmässigen Oberfläche der Süßwassermolasse abgelagert worden, wobei die Grenze in 600 m ü. M. liege. Den Muschelsandstein betrachtet GILLIÉRON als Fazies der marinen Molasse, abgelagert durch bewegtes Wasser in den Uferregionen des Meeres

Eine kurze Arbeit über die Geologie des Wistenlacherberges publizierte H. SCHARDT (1907). Nach seiner Auffassung würde der Muschelsandstein das „Helvétien supérieur“, die Sandstein- und Mergelbänke im Liegenden das „Helvétien inférieur“ und der unterste Teil des Berges die „molasse langhienne“ repräsentieren. Das „Helvétien inférieur“ werde zur marinen Molasse gerechnet; Fossilien, welche das Alter und die Fazies beweisen könnten, sollen jedoch fehlen.

Ausgehend von Untersuchungen am Jensberg und bei Brüttelen, versucht ED. GERBER (1913) die Ablagerungen des Wistenlacherberges in das stratigraphische System des bernischen Seelandes einzugliedern. Mit dem Muschelsandstein lässt er die marine Molasse beginnen und fixiert hier die Grenze zwischen Aquitanien und Burdigalien.

In der Monographie schweizerischer Steinbrüche von U. GRUBENMANN und A. JEANNET (1915) wird eine Muschelsandsteinprobe durch ED. GERBER beschrieben.

In der Arbeit *Les Poissons de la molasse suisse* von M. LERICHE (1927) sind aus dem Muschelsandstein des Wistenlacherberges mehrere Selachier zitiert (siehe Liste, S. 194).

In der geographischen Arbeit *Etude monographique du Vully fribourgeois* von P. ZIMMERMANN (1932) finden wir einige neue Beobachtungen: An der Strasse Sugiez-Plan-Châtel entdeckte er auf 604 m eine Mergelschicht mit Heliciden und Planorben und zieht an dieser Stelle die Grenze zwischen Süsswassermolasse und mariner Molasse. In dem darüber liegenden Sandsteinkomplex fand er in Mergelnestern und im Sandstein selbst guterhaltene Pflanzenreste. In Anlehnung an die Untersuchungen von ARN. HEIM (1919) glaubt ZIMMERMANN, am Wistenlacherberg W-E streichende Antiklinalen und Synklinalen zu erkennen. Dagegen wies J. KOPP (1935) eine parallel dem Jura verlaufende Synklinale mit einer axialen Depression nach; der Wistenlacherberg würde also eine Synklinalwanne darstellen. Im Muschelsandstein von Sur-le-Mont im Westen und Plan-Châtel im Osten sieht KOPP zwei verschiedene Vorkommen und nimmt ein Auskeilen der westlichen Platte gegen Osten an, da im Gelände keine Anhaltspunkte für eine Flexur oder Verwerfung zu finden seien. Aus lithologischen Erwägungen lässt er das Burdigalien bei Sur-le-Mont einige Meter, bei Plan-Châtel dagegen 40–50 m unter dem Muschelsandstein beginnen.

In einer Mitteilung über eine fossilführende Schicht am Wistenlacherberg versucht P. ZIMMERMANN (1935), entgegen seiner früheren Auffassung, nachzuweisen, dass das Burdigalien erst mit dem Muschelsandstein beginne.

Die KOPPSche Auffassung der tektonischen Verhältnisse im Seeland wird von W. STAUB (1938) in seiner Arbeit über die Molasse des Berner Seelandes geteilt. Zwischen Vallamand und Guévaux stellt er ein axiales Einfallen von 1–2° fest und nimmt an, der Wistenlacherberg liege in einer Axialdepression, während das Grosse Moos eine Axialkulmination darstelle.

In einer Arbeit über die Abgrenzung und Unterteilung des Aquitanien erwähnt J. HÜRZELER (1946) eine kleine Fauna mit *Cricetodon infralactorensis*, *Prolagus vasconiensis* und *Lagopsis Cadeoti*, die er gemeinsam mit R. RUTSCH an der Strasse Sugiez-Plan-Châtel auf 627 m entdeckt hatte. Nach HÜRZELER ist diese Fauna wahrscheinlich bereits zum Burdigalien zu rechnen.

Als neueste Publikation über unser Gebiet können wir die *Ölgeologischen Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon* von H. M. SCHUPPLI (1950) erwähnen. In dieser Arbeit sind die Aufnahmen verarbeitet, die in den Jahren 1934 bis 1937 im Auftrag der Eidgenössischen Zentralstelle für Arbeitsbeschaffung unter Leitung der 1935 gegründeten Petroleumexpertenkommission ausgeführt wurden. Aus unserem Gebiete liegen geologische Originalaufnahmen im Maßstab 1:25 000 und Berichte von J. KOPP und W. STAUB vor, die in den Archiven der Geotechnischen Kommission der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft in Zürich aufbewahrt werden.

## II. Stratigraphie

### A. LITHOLOGIE DER SEDIMENTE

#### 1. Einleitung

Bei der Aufnahme der stratigraphischen Detailprofile zeigte sich einmal mehr, dass mit Hilfe der üblichen, qualitativ definierten Bezeichnungen die lithologische Charakterisierung der Sedimente oft recht willkürlich und subjektiv ausfällt. Schon V. GILLIÉRON (1885) bemerkt in seiner Beschreibung der „Unteren Süsswassermolasse“: «Entre la marne et la molasse il y a tous les passages possibles,



et, pour désigner ces variétés intermédiaires, on hésite souvent entre le nom de molasse marneuse et celui de marne sableuse.»

In der Tat werden für ein und dasselbe Sediment verschiedene Bezeichnungen verwendet, und umgekehrt findet man unter dem gleichen Namen oft die verschiedensten Sedimente vereinigt. So umfangreich und detailliert die Profilbeschreibungen erscheinen mögen, ist ihr objektiver Gehalt doch meist recht gering. Nun entscheidet aber gerade die Objektivität der verwendeten Begriffe über die Eignung und den Wert solcher Beschreibungen für die Mitteilung, Vergleiche und das Erkennen eventuell vorhandener Beziehungen im Hinblick auf Fragen der Sedimentgenese und indirekt auch des Alters.

Die für unser Gebiet in Frage kommenden lithologischen Bezeichnungen lassen sich auf die drei Grundkomponenten Kalk, Sand und Ton zurückführen. Begriffe wie sandige Mergel oder mergelige Sandsteine, Kalkmergel, kalkarme Sandmergel, Mergelsandsteine, mergeliger Silt, siltiger Mergel, mergeliger Ton, Tonmergel, siltiger Mergelton, siltig-mergeliger Sand usw. bedeuten im Grunde nichts anderes als verschiedene, nicht näher definierte Verhältnisse der erwähnten Komponenten. Mit diesen „Begriffen“, die sich überschneiden und überlagern und je nach der subjektiven Beurteilung verschieden angewendet werden, ist der Molassestratigraphie wenig gedient.

E. GEIGER (1943) hat die Sedimente der thurgauischen Oberen Süsswassermolasse (Tortonien) nach den Komponenten Kalk, Sand (Körner  $> 0,05$  mm) und Ton (Fraktion  $< 0,05$  mm) mit Hilfe der Dreieckdarstellung charakterisiert. Diese Darstellung ermöglicht eine rasche und zuverlässige Orientierung über die Mannigfaltigkeit der Sedimente und eignet sich sehr gut für Vergleiche mit Sedimenten aus andern Molassegebieten und -Stufen. Dagegen sind die von E. GEIGER im Felde verwendeten Namen für die einzelnen Sedimenttypen für diese Zwecke wenig geeignet, da die Projektionspunkte dieser Typen in der Dreieckdarstellung zum Teil ganz beträchtlich streuen und sich überlagern.

Dieses Beispiel ist typisch für die heutige Situation: Auf der einen Seite die systematischen, an Laboratoriumsuntersuchungen gebundenen Bezeichnungssysteme und Darstellungsmethoden (vgl. zum Beispiel P. NIGGLI, 1935; J. M. TREFETHEN, 1950), auf der andern Seite aber eine grosse Zahl mangelhaft definierter Namen, aus welchen der Feldgeologe bei den Profilbeschreibungen nach individuellem Gutdünken seine Auswahl trifft.

Wir haben deshalb versucht, auf Grund definierter Mengenverhältnisse von Karbonat, Sand und Silt-Ton eine einheitliche, objektive Feldnomenklatur für die vorkommenden Sedimente zu erhalten.

## 2. Sedimentpetrographische Untersuchungen

### a) Probeentnahme

Aus einem lückenlosen, 140 m mächtigen Profil der „Unteren Süsswassermolasse“ (106 m) und der „Oberen Meeresmolasse“ (34 m), welches auf der Nordseite des Wistenlacherberges östlich Bois-du-Mont (vgl. Tafel VIII) in einem tiefen Bacheinschnitt aufgeschlossen ist, wurde von jeder makroskopisch verschieden erscheinenden Schicht je nach der Mächtigkeit eine oder mehrere Proben geschlagen, im Gesamten über 250 Proben. Bei Schichten von grösserer Mächtigkeit haben wir in der Regel eine Probe von der Basis, eine oder mehrere Proben aus den mittleren Partien und eine Probe vom Dach der Schicht entnommen. Dabei wurde darauf geachtet, möglichst frisches Material in genügender Menge (300 bis 400 g) einzusammeln.



von 5% besteht zur Hauptsache aus Eisen und Magnesium (zum Beispiel in karbonatischer, silikatischer oder sulfidischer Bindung).

d) Bestimmung des Sand- (Grobsand und Feinsand) und des Silt-Ton-Gehaltes

Der getrocknete und gewogene Rückstand der Karbonatbestimmung wird auf ein Sieb von  $0,06\text{ mm}$  Maschenweite gespült und so lange mit fliessendem Wasser behandelt, bis alle Partikel  $< 0,06\text{ mm}$  durchgespült sind. Wenn man das Sieb in eine Porzellanschale stellt, kann leicht kontrolliert werden, ob dies tatsächlich der Fall ist. Die auf dem Sieb zurückgebliebene Fraktion wird bei  $110^\circ\text{ C}$  getrocknet und gewogen. Damit ist der Sandgehalt der Probe bestimmt. Die Differenz Einwaage minus Karbonatgehalt minus Sandgehalt ergibt den Silt-Ton-Anteil.

Ist das Verhältnis Sand zu Silt-Ton grösser als 80:20, bestimmen wir mit dem  $0,2\text{-mm}$ -Sieb noch den Grobsand- (Fraktion  $> 0,2\text{ mm}$ ) und den Feinsand-Anteil (Fraktion  $< 0,2\text{ mm}$ ) der Probe.

Die Grenze Sand/Silt-Ton wird je nach Korngrössenskala verschieden festgelegt. Nach P. NIGGLI (1935) bedeutet die Bezeichnung Silt einen Sammelbegriff für die Feinsand- ( $0,2\text{--}0,02\text{ mm}$ ) und die Grobschluff-Fraktion ( $0,02\text{ bis }0,002\text{ mm}$ ). In der Skala von C. K. WENTWORTH (1922) liegt die Grenze bei  $0,062\text{ mm}$ . Wir haben aus Zweckmässigkeitsgründen und in Anlehnung an bestimmte, in Amerika im praktischen Gebrauch stehende Klassifikationsschemata die Grenze bei  $0,06\text{ mm}$  gewählt.

Die Ergebnisse der unter den Abschnitten c und d beschriebenen Bestimmungen sind in den Figuren 2 und 3 in gleichseitige Dreiecke projiziert, und in Tafel IX haben wir das ganze Profil dargestellt.

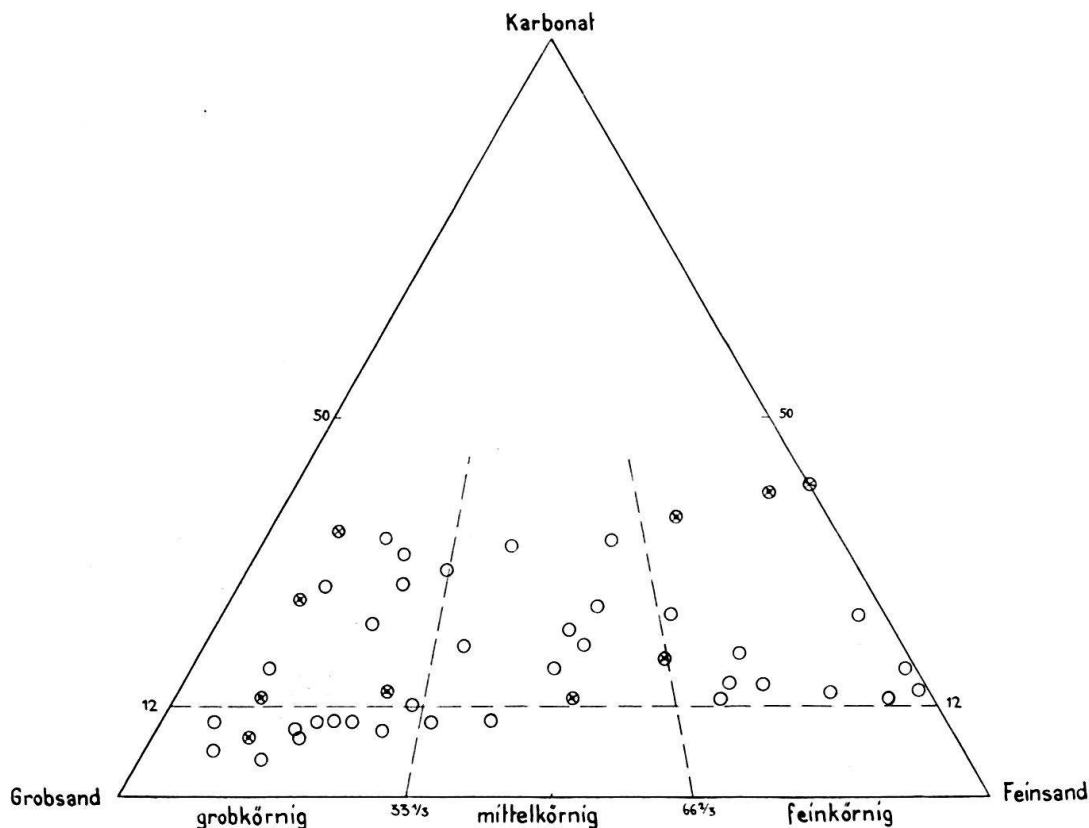


Fig. 3. Karbonat-Grobsand-Feinsand-Dreieck.

Zeichen: Siehe Figur 2.



## e) Einteilung und Benennung der Sedimente

Der Name eines Sedimentes kann durch bestimmte Mengenverhältnisse von Sand zu Silt-Ton bzw. Grobsand zu Feinsand (+ Silt-Ton) und den Karbonatgehalt festgelegt werden (vgl. Tabelle 1 und Figur 4).

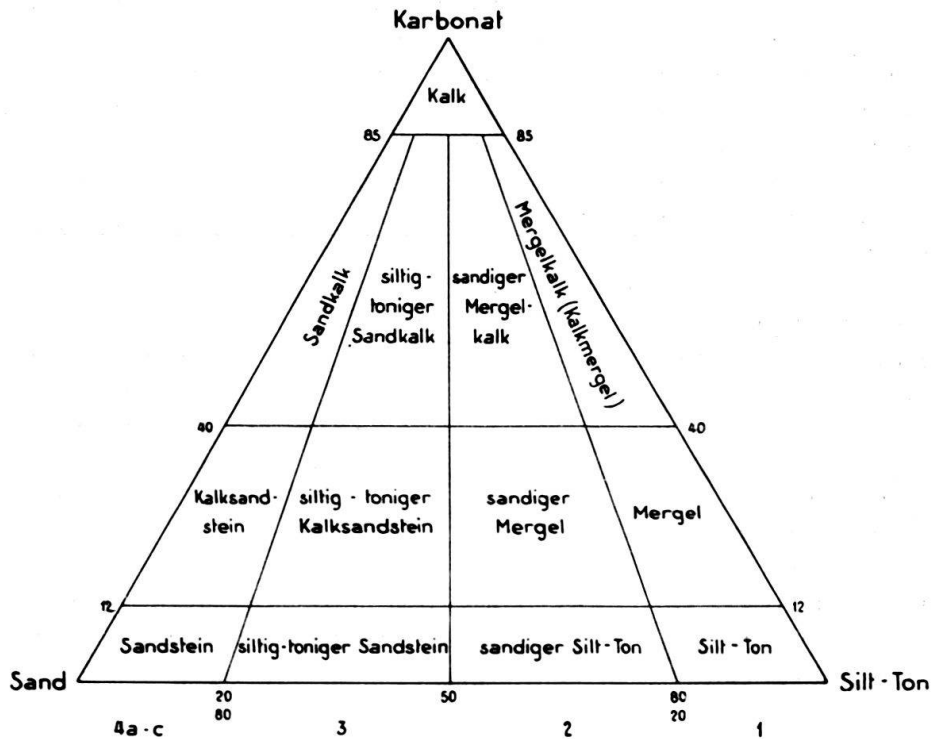


Fig. 4. Einteilung und Benennung der Sedimente.

Das Mengenverhältnis Sand zu Silt-Ton bestimmt die Struktur des Sedimentes. Durch das Festlegen der aus Tabelle 1 und Figur 4 ersichtlichen Grenzwerte erhalten wir vier Strukturklassen, wobei die 4. Klasse noch in die drei Unterklassen 4a-c aufgeteilt wird. Dies ergibt uns eine erste Einteilung der Sedimente von „Fein“ zu „Grob“. In die Klasse 1 wären also die feinsten, in die Klasse 4c die größten Sedimente einzuordnen.

Dazu kommt noch die Einteilung nach dem Karbonatgehalt in die drei Gruppen: 0–12, 12–40 und 40–85% Karbonat. Es wird sich noch zeigen, warum wir die Grenzen bei diesen Werten gewählt haben.

Die Namen sind den bisher üblichen weitgehend angepasst. Die verwendeten Bezeichnungen sind aber, im Gegensatz zu den bisher für Molassesedimente gebräuchlichen, durch Zahlenwerte für definierte Komponenten genau präzisiert. Es wird zum Beispiel nicht mehr möglich sein, den Begriff Mergel für alle feineren Varietäten mit oder ohne Kalkgehalt zu verwenden. Viele nichtssagende Kombinationen konnten weggelassen werden.

Bestimmte Beimengungen von Sand zu den Silt-Tonen, Mergeln und Mergelkalken werden durch das Adjektiv sandig, bestimmte Beimengungen von Silt-Ton zu den Sandsteinen, Kalksandsteinen und Sandkalken durch das Adjektiv siltig-tonig ausgedrückt.

Die konsequente Anwendung dieser Begriffe gewährleistet eine genügende Differenzierung und, in Verbindung mit den übrigen lithologischen Charakteristika, eine objektive Beschreibung unserer Molasseprofile.

Tabelle 1

*Einteilung und Benennung der Molassesedimente*

(Die fetten Zahlen geben die Grenzverhältnisse von Sand zu Silt-Ton resp. Grobsand zu Feinsand [+ Silt-Ton] für die einzelnen Strukturklassen, bezogen auf 100)

SAND		Korngrößenfraktionen in Millimeter					SILT-TON	
Grobsand		Feinsand						
2	1	0,5	0,2	0,1	0,06			
	<b>100</b>	----	----	----	----			
	----	100	----	----	----			
	<b>67</b>	----	28	5	----			
	----	67	20	5	8			
	<b>33</b>	----	57	10	----			
	----	33	40	10	17			
	<b>80</b>	----	----	20	----			
	----	5	50	20	25			
	<b>50</b>	----	----	50	----			
	----	----	5	50	45			
	<b>20</b>	----	----	80	20			
	----	----	----	80	----			
	<b>100</b>	----	----	100	----			
	----	----	----	100	----			

Strukturklassen	0-12%	12-40%	40-85%
c	grobkörnig	grobkörnig	
b	mittelkörnig	mittelkörnig	Sandkalk (Kalksand)
a	feinkörnig	feinkörnig	
3	Siltig-toniger Sandstein	Siltig-toniger Kalksandstein	Siltig-toniger Sandkalk
2	Sandiger Silt-Ton	Sandiger Mergel	Sandiger Mergelkalk
1	Silt-Ton	Mergel	Mergelkalk (Kalkmergel)

#### f) Anwendung des Nomenklaturschemas bei der Arbeit im Felde

Durch den direkten Vergleich des zu bestimmenden Sedimentes mit Testproben, die nach ihrer Zusammensetzung auf den Grenzlinien der Strukturklassen liegen, erhalten wir die Strukturklasse des Sedimentes. Die Korngrössenanalysen von allen untersuchten Proben, die auf oder in unmittelbarer Nachbarschaft der Grenzlinien liegen (vgl. Figur 2 und 3, S. 172), gaben uns Aufschluss über die durchschnittliche Zusammensetzung der Testproben. Die kleinen Zahlen in den Kolonnen der Tabelle 1 geben die Mittelwerte für die einzelnen Fraktionen. Nach diesen Angaben können die Testproben künstlich hergestellt werden, indem man die durch Sieben von geeignetem Material erhaltenen Fraktionen nach den angegebenen Mengenverhältnissen mischt. Aus den Testmischungen wird eine Vergleichsskala zusammengestellt, die bei der Arbeit im Felde in Zweifelsfällen gute Dienste leistet. Zum Vergleich gelangen dann zerriebene Proben des zu definierenden Sedimentes.

In Figur 5 sind die besprochenen Testmischungen mit Hilfe von Histogrammen dargestellt. Die Photographien zeigen in 10facher Vergrösserung die Strukturen natürlicher Sedimente des Untersuchungsgebietes, welche die entsprechenden Zusammensetzungen aufweisen. Die Unterschiede in den Strukturen sind so deutlich erkennbar, dass die Einordnung des zu bestimmenden Sedimentes in eine der Strukturklassen meist eindeutig erfolgen kann. Die Histogramme rechts zeigen Korngrössenanalysen der einzelnen Sedimenttypen.

Auf den Karbonatgehalt wird mit verdünnter Salzsäure (1:5) geprüft:

Die Sedimente mit einem Karbonatgehalt von 0–12% zeigen (mit Ausnahme der Sandsteine, die von den Kalksandsteinen durch ihre leichte Zerreibbarkeit unterschieden werden) keine Reaktion. Sie unterscheiden sich ferner von den übrigen Sedimenten durch ihre Färbung, worauf wir noch zu sprechen kommen.

Die nächste Gruppe mit 12–40% Karbonat reagiert auf Salzsäure mit kräftigem Aufbrausen. In diese Gruppe fällt die grösste Zahl der untersuchten Sedimente (vgl. Figur 2).

Nur wenige Vertreter aus unserem Gebiet weisen einen Karbonatgehalt zwischen 40 und 85% auf (vgl. Figur 2, S. 172). Sie unterscheiden sich von den Sedimenten der vorhergehenden Gruppe durch den in der Farbe und der Härte deutlich in Erscheinung tretenden Kalk. Mit einiger Übung wird man auch auf Grund der Salzsäurereaktion auf diesen hohen Karbonatgehalt schliessen können. In Zweifelsfällen werden quantitative Analysen notwendig sein.

### 3. Die Farben der Sedimente

Ein auffallendes und charakteristisches Merkmal, vor allem der aquitanen Sedimente, ist die Färbung. Die grosse Mannigfaltigkeit der auftretenden Farben gab Anlass zu den Bezeichnungen wie bunte Molasse, bunte Mergel usw. Allerdings sind nun bunte Farben (Vollfarben oder reine Farben) im Sinne der Farbenlehre überhaupt nicht vorhanden. Vielmehr handelt es sich durchwegs um trübe Farben (Mischungen zwischen Vollfarbe und Grau).

Einer objektiven Charakterisierung der auftretenden Farben bei den Profilbeschreibungen im Felde stehen vorderhand noch grosse Schwierigkeiten entgegen. Vor allem fehlen für diesen Zweck geeignete Farbteste. Immerhin könnten durch die Angabe der Helligkeit einer Farbe mit Hilfe einer Grauskala schon wesentliche Präzisierungen erreicht werden.

Mit Hilfe des ausgezeichneten Schweizer Farbenatlases von AEM. MÜLLER (1945) haben wir die Farben der untersuchten Sedimente (in lufttrockenem Zustand) bestimmt.

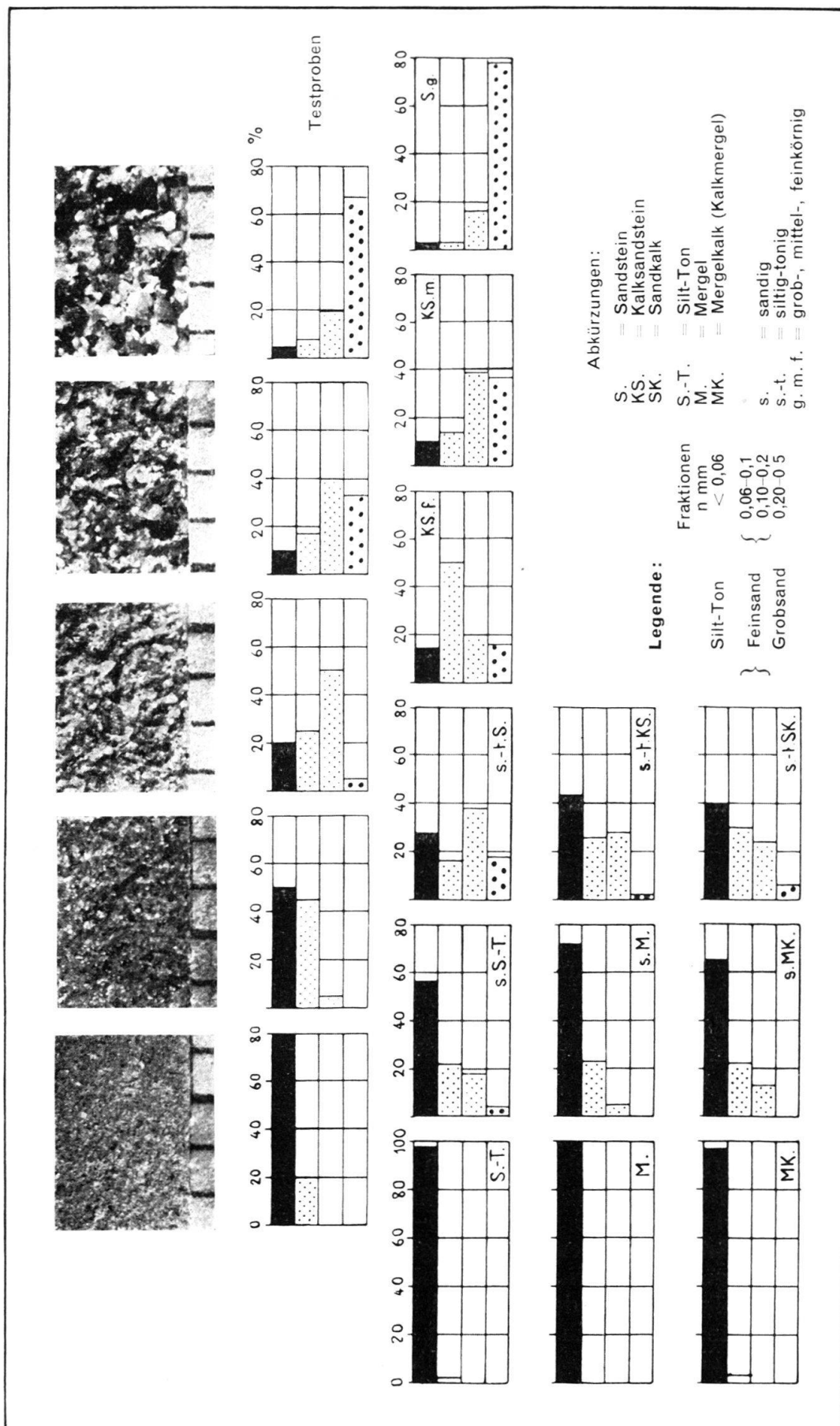


Fig. 5. Kornmisch-Histogramme der Testproben und der einzelnen Sedimenttypen.

Bei den Mergeln können wir meist zwei oder drei Farben unterscheiden:

1. Ein helles bis mittelhelles Bräunlichgelb.
2. Ein sehr helles Grau mit einem Stich ins Bläuliche.
3. Ein helles bis mittelhelles Rotviolett.

Die Farben treten in unregelmässigen Flecken auf, wobei im allgemeinen die unter 1 aufgeführte Farbe vorherrscht und den Mergeln das bräunlichgelbe Aussehen verleiht. Ausnahmsweise, vor allem bei den feingeschichteten Mergeln, kann auch die zweite Farbe dominieren. Hin und wieder tritt sie innerhalb einer Mergelschicht in schmalen Bändern auf. Die dritte Farbe fehlt oft. In der Regel beobachtet man sie in den direkt unter den Sandsteinbänken liegenden Mergelschichten.

Über die sandigen Mergel und siltig-tonigen Kalksandsteine zu den Kalksandsteinen konstatiert man eine zunehmende Aufhellung der Farben und eine deutliche Verschiebung gegen die hellen Graustufen.

Eine ähnliche Veränderung der Farben ergibt sich auch mit zunehmendem Karbonatgehalt, wobei allerdings durch Inhomogenitäten in der Korngrösse und der Art der Beimengungen starke Abweichungen von dieser Regel möglich sind.

Auffallend ist der Kontrast der eben besprochenen Farben mit denjenigen der karbonatarmen oder karbonatfreien Sedimente. Ganz allgemein kann gesagt werden, dass die Farben intensiver und dunkler werden. Rotbraune, braunrote, graubraune, braungelbe und grauschwarze Farben sind vorherrschend. Untergeordnet sind hell- und dunkelgrüne Farben. Da aber die Sedimente mit diesen grünen Farben an bestimmte stratigraphische Niveaux gebunden sind und zudem oft durch ihren Fossilreichtum auffallen, erhalten sie eine besondere Bedeutung.

Die Farbbestimmungen haben gezeigt, dass die grosse Mannigfaltigkeit der Farben durch alle möglichen Mischungen weniger Pigmente mit dem neutralen (meist hellgrauen) Untergrund bedingt ist. Die zwischen Gelb und Rot liegenden Pigmente können vermutlich auf bestimmte Eisenverbindungen zurückgeführt werden, während die schwarzen Pigmente wohl organischen Ursprungs sind.

#### *4. Beschreibung der einzelnen Sedimenttypen*

##### a) Sandsteine

Ca. 25% von der Gesamtmächtigkeit der am Wistenlacherberg aufgeschlossenen aquitanen Sedimente entfallen auf Sandsteine, welche in Bänken von 1 bis 10 m Mächtigkeit auftreten. Zum grössten Teil (ca. 20%) handelt es sich um grobkörnige Sandsteine mit vorherrschenden Korngrössendurchmessern zwischen 0,2 und 0,5 mm. Bänke von mittelkörnigen Sandsteinen sind untergeordnet. Sehr selten sind feinkörnige Sandsteine, da mit abnehmender Korngrösse der Karbonatgehalt in der Regel etwas zunimmt, was aus Figur 3, S. 173, deutlich ersichtlich ist.

Im Burdigalien beschränken sich die Sandsteinvorkommen auf einige wenig mächtige Schichten. Am Wistenlacherberg beträgt ihr Anteil an der Gesamtmächtigkeit der burdigalen Schichtfolge 5–10%.

Die obere Grenze für den Karbonatgehalt haben wir bei den Sandsteinen bei 12% festgelegt. Dieser geringe Karbonatgehalt wird durch den als Bindemittel auftretenden Kalk bedingt, der aber bei weitem nicht genügt, um den Sandkörnern eine feste Bindung zu geben. Ein charakteristisches Merkmal der Sandsteine ist daher ihre leichte Zerreibbarkeit.

Der wichtigste klastische Bestandteil der Sandsteine ist der Quarz, welcher in einheitlichen oder zerbrochenen angularen bis subangularen Körnern auftritt.



Undulöse Auslöschung ist häufig zu beobachten. Nicht selten sind gerundete Quarzaggregatkörner mit Pflasterstruktur (Quarzite) und Glimmerquarzitkörner vorhanden. Hin und wieder treten Körner aus einem Quarz-Epidot-Gemenge auf.

Mancherlei Feldspäte in den verschiedensten Erhaltungszuständen bilden den zweiten Hauptgemengteil der Sandsteine. Auffallend sind die in jedem Schriff vorhandenen frischen Mikrokline, Orthoklase und Plagioklase. Bei den Mikroklinen und Orthoklasen handelt es sich meist um grössere, oft zerbrochene Individuen, während die frischen Plagioklase in der Regel nur als kleinere Zwickelfüllungen auftreten, so dass man unter Umständen an Neubildungen denken könnte. Alle die genannten Feldspäte, insbesondere die Plagioklase, sind ausserdem in allen möglichen Umwandlungsstadien anzutreffen. Neben Sericit und Calcit ist auch Chlorit als Umwandlungsprodukt hin und wieder zu beobachten. Das Nebeneinandervorkommen der verschiedenen Erhaltungszustände der Feldspäte macht die Annahme wahrscheinlich, dass diese zur Hauptsache schon primär vorhanden waren, wobei natürlich während und nach der Ablagerung und eventuellen Umlagerungen gewisse Verwitterungsvorgänge, insbesondere bei den schon zum Teil umgewandelten Feldspäten, noch weiter fortschreiten konnten.

Der Glimmer erscheint in Form von strahligen Sericitaggregaten. Die vorkommenden Biotite sind meist stark zersetzt, gebleicht oder in Chlorit umgewandelt. Die Chlorite sind weitaus vorherrschend und in den meisten Fällen auch verantwortlich für die oft zu beobachtende grünliche Farbe der Sandsteine.

Glaukonit konnte nur in den burdigalen Sandsteinen nachgewiesen werden.

An häufigen Nebengemengteilen sind Rutil, Zirkon, Leukoxen, Hornblende, Epidot, Magnetit, Pyrit vorhanden.

#### b) Kalksandsteine

Von den Sandsteinen unterscheiden sich die Kalksandsteine durch ihre grössere Härte, welche durch den als Bindemittel auftretenden höheren Kalkgehalt bedingt ist. Damit parallel geht auch eine Aufhellung der Farben.

Im Aquitanien sind grössere Bänke von Kalksandsteinen selten. Die Mächtigkeiten der vorkommenden Schichten liegen mit wenigen Ausnahmen unter einem Meter. Grobkörnige Kalksandsteine treten im Aquitanien in der Regel an der Basis der Sandsteinbänke als schmale Zonen auf; innerhalb der Sandsteinbänke erscheinen sie in wechselnder Grösse und unregelmässigen Formen als sogenannte Knauer, welche bei der Verwitterung aus den weichen Sandsteinen herauspräpariert werden und für sie ein typisches Merkmal bilden (Knauersandsteine). Mittel- und feinkörnige Kalksandsteinbänke von meist geringer Mächtigkeit treten in den Ablagerungen zwischen den grösseren Sandsteinbänken auf. Der Anteil der Kalksandsteine an der Gesamtmächtigkeit des Aquitanien beträgt am Wistenlacherberg 15–20%.

Ganz anders sind die Verhältnisse im Burdigalien. Die Kalksandsteine nehmen fast 90% der Gesamtmächtigkeit ein. Davon entfallen auf die grobkörnigen 65–70, auf die mittelkörnigen 15–20 und auf die feinkörnigen Kalksandsteine 5 bis 10%. Die feinkörnigen Kalksandsteine zeigen oft eine ausgesprochen plattige Ausbildung.

Im wesentlichen weisen die Kalksandsteine den gleichen Mineralbestand wie die Sandsteine auf. Die klastischen Körner liegen in einem calcitischen Bindemittel, welches meist sämtliche Hohlräume ausfüllt und unter dem Mikroskop als unregelmässiges Gewebe von kristallinen Kalkspatkörnern mit oft zahlreichen und scharfen Spaltrissen erscheint. Oft sind auch Aggregate von feinkörnigem Calcit zu beobachten.

Die Feldspäte scheinen in den burdigalen Kalksandsteinen etwas zurückzutreten und sind meist frischer als in denjenigen des Aquitanien. Auch die Glimmer sind weniger umgewandelt und auf den Schichtflächen der feinkörnigen, plattigen Kalksandsteine als grössere Schuppen gut sichtbar. Glaukonit tritt in gut gerundeten Körnern oft recht zahlreich auf (nur in den burdigalen Kalksandsteinen). Hin und wieder erscheint er auch als Hohlraumfüllungen von Foraminiferen.

Einer besonderen Erwähnung bedürfen die geröllführenden, grobkörnigen Kalksandsteine des Burdigalien, welche in Bänken von mehreren Metern Mächtigkeit auftreten (Muschelsandsteine).

Auf stark mit Geröllen durchsetzten Schichtflächen haben wir an drei verschiedenen Stellen von je ca. 1 m<sup>2</sup> alle Gerölle herausgelesen. Die Siebanalysen der drei verschiedenen Proben ergaben folgende durchschnittliche Grösse der Gerölle:

> 20 mm	.....	ca. 20 Gewichtsprozent
10–20 mm	.....	55–60 Gewichtsprozent
5–10 mm	.....	15–20 Gewichtsprozent
2– 5 mm	.....	ca. 5 Gewichtsprozent

Ausnahmsweise kommen Gerölle bis zu 20 cm Durchmesser vor.

Über die Verteilung auf die verschiedenen Geröllarten orientiert Tabelle 2. Ausgezählt wurde die Fraktion 10–20 mm.

Tabelle 2

*Geröllzählung aus dem Muschelsandstein bei Sur-le-Mont  
(Koord. 572, 750/200, 700)*

Geröllarten	Anzahl	Prozente
1. Granitische Gesteine . . . . .		
a) Grünliche Granite . . . . .	77	22 } 27
b) Rötliche Granite . . . . .	17	
2. Quarzporphyre . . . . .	4	1
3. Gangquarze (weiss) . . . . .	43	12
4. Quarzite (schwarze und graugrüne Varietäten) . . . . .	18	5
5. Hornfelsartige Quarzite (inklusive Ra- diolarite) . . . . .	21	6
6. Sandige, kieselige, z. T. dolomitische Kalke (graue und gelbliche Varietäten)	117	34
7. Sandsteine, z. T. grobkörnig und eisen- schüssig . . . . .	53	15
	350	100

Nach dem Vergleichsschema von W. C. KRUMBEIN (1941) gehören die Gerölle zur Hauptsache in die 7. Rundungsklasse.

Die grobklastischen Körner der Muschelsandsteine spiegeln im Kleinen den Geröllbestand wieder. Daneben treten grosse Quarze und Feldspäte auf. Die Feldspäte sind im allgemeinen sehr frisch. Hin und wieder erscheint ein gerundetes Glaukonitkorn. Durch einen Zement aus kristallinen Calcitkörnern werden alle Komponenten fest verkittet, so dass das Gestein eine genügende Härte erhält und an mehreren Stellen für verschiedene bautechnische Zwecke abgebaut wird. Die Steinbrüche sollen zum Teil bis in die Römerzeit zurückreichen.

Zahlreiche Abdrücke im Kalksandstein und Formen aus rekristallisiertem Calcit lassen die einst vorhandenen Muschelschalen erkennen. Die Querschnitte zeigen im Dünnschliff ein immer wieder zu beobachtendes, charakteristisches Bild: Die Ränder der ehemaligen Muschelschalen sind als dunkle, scharfe Linien deutlich erkennbar. Die Linien werden von kleinen Calcitkriställchen begleitet, die senkrecht zur ehemaligen Schalenfläche palisadenartig nach innen und aussen gewachsen sind. Das Innere des Schalenquerschnittes besteht aus relativ grobkörnigen Kalkspatkörnern mit Pflasterstruktur. Der Abstand der Linien beträgt im Durchschnitt 0,7 mm.

Hin und wieder treten wenig mächtige Bänke auf, in welchen der Kalk durch das massenhafte Vorhandensein rekristallisierter Muschelschalen zum wichtigsten Gemengteil der Sedimente wird. In diesen Fällen könnte der Name Muschel-sandkalk verwendet werden.

### c) Siltig-tonige Sandsteine, sandige Silt-Tone und Silt-Tone

Das Vorkommen dieser Sedimentgruppe beschränkt sich auf das Aquitanien. Trotz der geringen Mächtigkeit der einzelnen Schichten von 10 cm bis maximal 1 m und dem kleinen Anteil an der Gesamtmächtigkeit des am Wistenlacherberg aufgeschlossenen Aquitanien (ca. 10%) sind sie in den stratigraphischen Profilen infolge ihrer Färbung und Fossilführung die auffallendsten Sedimente. Die Farben erscheinen ganz allgemein intensiver und dunkler als diejenigen der übrigen Sedimente, worauf wir schon im Kapitel über die Farben der Sedimente hingewiesen haben (siehe S. 178). Wir können hier noch hinzufügen, dass die Pigmente durchwegs an das siltig-tonige Bindemittel gebunden sind. Der Bruch der Sedimente ist meist krümelig, erdig. Eine interne Schichtung ist nicht vorhanden.

Über den Mineralbestand und die Form der Körner orientiert das Schliffbild eines siltig-tonigen Sandsteines (Figur 6). In der Grundmasse mit der gleichen Farbe wie das Sediment stecken die meist klaren, auffallend kantigen Komponenten. Das

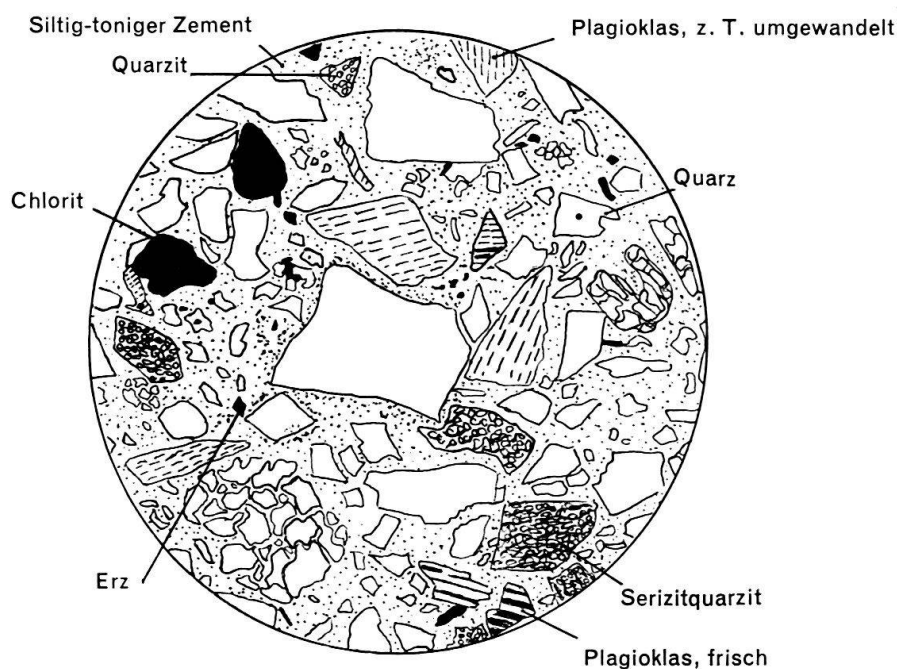


Fig. 6. Schliffbild eines siltig-tonigen Sandsteins.  
Vergrößerung ca. 80 ×.



Bindemittel besteht aus einem Gemenge von sehr feinem Quarz und Glimmer und allerfeinsten, unter dem Mikroskop nicht erfassbaren Mineralpartikeln.

Charakteristisch für die Sedimenttypen dieser Gruppe ist die schlechte Aufbereitung des Materials gegenüber den entsprechenden kalkreichen Sedimenten (siehe Figur 5, S. 177).

In den stratigraphischen Profilen treten die besprochenen Sedimente in der Regel als Abschluss der sandigen Komplexe auf, erscheinen aber auch innerhalb der Mergelserien.

#### d) Mergel, sandige Mergel und siltig-tonige Kalksandsteine

Die Mergel nehmen von der Gesamtmächtigkeit des am Wistenlacherberg aufgeschlossenen Aquitanien ca. 30%, die Übergangstypen zwischen Mergeln und Kalksandsteinen 15–20% ein, wobei auf die siltig-tonigen Kalksandsteine ca. 12% und auf die sandigen Mergel 5–8% entfallen.

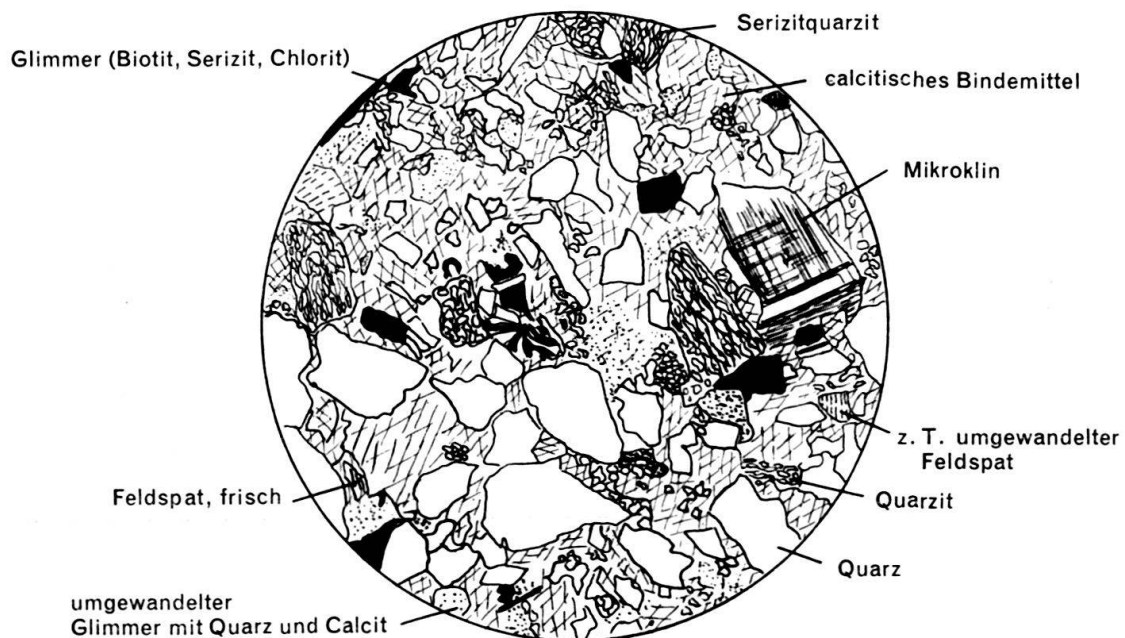


Fig. 7. Schliffbild eines siltig-tonigen Kalksandsteins.  
Vergrößerung ca. 80×.

In den Aquitanienprofilen treten die Mergel in Schichten von 10 cm bis maximal 4 m Mächtigkeit auf. Ferner erscheinen sie als aufgearbeitete Gerölle in den unteren Partien der Sandsteinbänke. Die auftretenden Farben sind S. 178 besprochen. Die Mergel mit einem Karbonatgehalt von über 20% weisen meist keine oder nur eine sehr unregelmässige Schichtung auf. Dagegen beobachtet man bei den Mergeln mit einem Karbonatgehalt zwischen 12 und 20% oft eine ausgeprägte Feinschichtung. Auf den hellen, blaugrauen bis bräunlichgelben Schichtflächen erscheinen oft zahlreiche dunkelgelbe oder rotbraune, konzentrische Ringe von wechselnder Grösse und schmale Streifen mit oft erkennbaren feinen Rippen. Zum Teil handelt es sich wahrscheinlich um Pflanzenreste. Häufig weisen die Schichtflächen einen matten Seidenglanz auf, welcher durch feinste Glimmerschüppchen in den Schichtebenen verursacht wird. Unter dem Mikroskop sind die zahlreichen Glimmer

deutlich zu erkennen. Es handelt sich um Biotit- und Sericitschüppchen. Der Biotit ist zum Teil umgewandelt und verursacht in seiner Umgebung eine grügelbe Verfärbung. Hin und wieder taucht ein grösseres Quarz- oder Feldspatkorn auf. Die Hauptmasse besteht aus einem Gemenge von feinstem, mit dem Mikroskop nicht mehr identifizierbarem Material.

Die sandigen Mergelschichten sind meist wenig mächtig (maximal 1 m) und erscheinen in den Profilen innerhalb der Mergelschichten, ferner zwischen den Mergeln und den karbonatarmen Sedimenten, hin und wieder auch als Übergangsschichten von den sandigen Komplexen zu den Mergeln und umgekehrt. Von den Mergeln unterscheiden sie sich ausser dem deutlich erkennbaren Sandgehalt durch ihre grössere Härte.

Ein ähnliches Auftreten zeigen die siltig-tonigen Kalksandsteine. Im obersten Aquitanien sind sie oft plattig ausgebildet und sehr glimmerreich. In einem Schliff eines solchen plattigen siltig-tonigen Kalksandsteines aus dem obersten Aquitanien konnte Glaukonit nachgewiesen werden.

Figur 7 zeigt das Schliffbild eines siltig-tonigen Kalksandsteines aus dem Aquitanien. Man beachte den auffallend grossen und frischen Mikroklin.

e) Mergelkalke (Kalkmergel), sandige Mergelkalke und siltig-tonige Sandkalke

Quantitativ spielen die Sedimente dieser Gruppe weder im Aquitanien noch im Burdigalien eine grosse Rolle. Ihr Anteil an der Gesamtmächtigkeit beträgt im Aquitanien ca. 2%, im Burdigalien 4–5%.

Im obersten Aquitanien erscheinen hellgraue Kalkmergel mit feingeschichteter Textur, welche durch einen raschen Wechsel in der Korngrösse bedingt ist. Die Schichtung äussert sich auch im Wechsel der Farben, indem die feineren Schichten immer dunkler erscheinen. Am Kontakt der einzelnen, oft nur wenige Millimeter mächtigen Schichtchen sind hin und wieder schöne Drucksuturen zu beobachten. Hauptgemengteil ist feinkörniger Calcit, in welchem die Glimmer und Quarze eingebettet sind.

Sehr selten treten im Aquitanien buntgefärbte Mergelkalke auf, die sich durch grosse Härte auszeichnen.

Relativ häufig, wenn auch stets wenig mächtig, trifft man im Burdigalien ziemlich harte, feinplattige und glimmerreiche siltig-tonige Sandkalke und sandige Mergelkalke. Neben den glatten Schichtflächen sind auch gewellte häufig (zum Teil Rippelmarken). Die Schichtung wird durch einen intensiven Wechsel von feinerem und gröberem Material verursacht.

### 5. Lithologie und regionale Verbreitung des Aquitanien

Die oft tief in den Wistenlacherberg eingeschnittenen Gräben ermöglichen einen guten Einblick in den vertikalen und zum Teil auch horizontalen lithologischen Wechsel innerhalb der obersten 100 m des Aquitanien. Das beste Profil ist auf der Nordseite des Wistenlacherberges im Graben östlich Bois du Mont (vgl. Tafel VIII) aufgeschlossen. Wir haben dieses Profil als Ausgangspunkt für die sedimentpetrographischen Untersuchungen gewählt. Die Figuren 2 und 3 geben die Ergebnisse in der Dreiecksdarstellung, und Tafel IX zeigt das Profil mit den dazugehörigen Kurven für den Karbonat- und Sandgehalt. Die Werte für den Karbonatgehalt sind von links nach rechts, für den Sandgehalt von rechts nach links abgetragen. Die zwischen den beiden Kurven liegende Fläche ergibt als Ergänzung zu 100 den Silt-Ton-Gehalt der Sedimente. Über die Verteilung der Gesamtmächtigkeit des aquitanen Profils auf die einzelnen Sedimenttypen gibt Tabelle 3 Auskunft.

Aus Tabelle 3 geht hervor, dass die sandigen Ablagerungen (Sandsteine, Kalksandsteine und Übergangstypen zu den Mergeln bzw. Silt-Tonen) ungefähr zwei Drittel der Gesamtmächtigkeit einnehmen.

Tabelle 3

*Die aquitanen Sedimenttypen und ihre Anteile an der Gesamtmächtigkeit des auf Tafel IX dargestellten Profils*

Sedimenttypen	Mächtigkeiten in Meter	Anteile in Prozent
Sandsteine:		
grobkörnig . . . . .	20,60	19,4
mittelkörnig . . . . .	5,80	5,4
feinkörnig . . . . .	0,25	0,2
	26,65	25,0
Kalksandsteine:		
grobkörnig . . . . .	6,15	5,8
mittelkörnig . . . . .	4,90	4,6
feinkörnig . . . . .	6,15	5,8
	17,20	16,2
Siltig-tonige Sandsteine . . . . .	3,30	3,1
Sandige Silt-Tone . . . . .	4,25	4,0
Silt-Tone . . . . .	3,10	2,9
Mergel . . . . .	31,10	29,1
Sandige Mergel . . . . .	6,10	5,7
Siltig-tonige Kalksandsteine . . . . .	12,75	12,0
Mergelkalke (Kalkmergel) . . . . .	1,05	1,0
Sandige Mergelkalke . . . . .	1,10	1,0
Siltig-tonige Sandkalke . . . . .		
Gesamtmächtigkeit	106,60	100,0

Bei dem auf Tafel IX schematisch dargestellten Profil lassen sich von unten nach oben folgende Zyklen unterscheiden:

Zyklen	Mächtigkeiten in Meter	Höhen über Meer	Probe-Nummern	Anzahl der karbonatarmen oder karbonatfreien Horizonte
I	16	465–481	3–22	6
II	25	481–506	23–74	4
III	23	506–529	75–115	7
IV	9	529–538	116–138	3
V	13	538–551	139–174	3
VI	21	551–572	175–210	1

Jeder Zyklus beginnt mit einer mehr oder weniger mächtigen Sandsteinbank, welche meist auf einer unregelmässigen Oberfläche der vorhergehenden Serie liegt, an der Basis kalkreich ist und in den unteren Teilen aufgearbeitetes, mergeliges oder toniges Material aufweist. Gegen oben werden die sandigen Sedimente feiner, und schliesslich leiten mannigfache Übergangsbildungen zu dem abschliessenden Mergelkomplex über. Die gesetzmässige Abfolge von Grob zu Fein, welche die einzelnen Zyklen im Grossen zeigt, ist innerhalb der Zyklen, vor allem in den Übergangsbildungen von den Sandsteinen zu den Mergeln, in vielfachen Repetitionen im Kleinen zu beobachten.

Eine eigentümliche und charakteristische Rolle spielen innerhalb dieser im Grossen und Kleinen rhythmisch gegliederten Serien die karbonatarmen Sedimente. In manchen Fällen erscheinen sie als Abschluss sandiger Komplexe, aus welchen sie ohne scharfe Grenze hervorgehen. Gegen oben ist dagegen die Abgrenzung immer scharf. Häufig treten sie als wohlabgegrenzte, wenig mächtige Schichten innerhalb der Mergelkomplexe auf. Sehr selten sind sie in Sandsteinbänke eingelagert. Die im Liegenden der karbonatarmen Schichten auftretenden Sedimente weisen oft zahlreiche Konkretionen auf.

Auffallend sind die intensiv rotbraun gefärbten Horizonte, welche Mächtigkeiten von über 1 m erreichen können. Hin und wieder sind die obersten Schichten solcher Horizonte entfärbt. Die Eisenbestimmung<sup>1)</sup> der entfärbten Zone einer karbonatfreien Schicht des Zyklus II ergab folgende Werte:

$$\begin{array}{r} \text{Fe}_2\text{O}_3 = 2,90 \text{ Gewichtsprozent} \\ \text{FeO} = 0,17 \text{ Gewichtsprozent} \\ \hline \text{Total} = 3,07 \text{ Gewichtsprozent} \end{array}$$

Eisenbestimmung für die intensiv rotbraune Zone der Schicht:

$$\begin{array}{r} \text{Fe}_2\text{O}_3 = 5,75 \text{ Gewichtsprozent} \\ \text{FeO} = 0,65 \text{ Gewichtsprozent} \\ \hline \text{Total} = 6,40 \text{ Gewichtsprozent} \end{array}$$

In der rotbraunen Zone haben wir also eine deutliche Anreicherung von Eisen festzustellen.

Einen besonderen, für das Aquitanien sonst fremden lithologischen Charakter erhält der sandige Teil des Zyklus oder der Serie VI durch das Auftreten von plattig ausgebildeten, feineren Kalksandsteinvarietäten, welche auf den Schichtflächen zahlreiche, wenn auch zum grössten Teil zerstörte Pflanzenreste aufweisen. In einem Schliff konnte ferner Glaukonit nachgewiesen werden.

Der über dem sandigen Teil der Serie VI folgende, ca. 6 m mächtige Mergelkomplex ist die Grenzzone Aquitanien/Burdigalien. Auffallend ist in dieser Zone das Auftreten von feingeschichteten, hellen Kalkmergeln und grünlichen, karbonatarmen Schichten, welche in den stratigraphisch tieferen Teilen des Aquitanien nicht angetroffen werden.

Die Verfolgung der einzelnen Zyklen in horizontaler Richtung ist wegen der meist geringen Ausdehnung der Aufschlüsse und vor allem infolge der oft raschen seitlichen Wechsel der lithologischen Ausbildung in manchen Fällen unmöglich. Relativ günstig sind die Verhältnisse für die Serie VI. Die plattigen harten Kalksandsteine sowie die Grenzzone Aquitanien/Burdigalien mit den feingeschichteten Kalkmergeln und den grünen, karbonatarmen Horizonten lassen sich rings um den Wistenlacherberg in verschiedenen Aufschlüssen nachweisen (En Volliveron 570 bis 575 m, En Plan 585 m, La Fin des Fourches 570 m, bei Sur-le-Mont [ganze Serie], Sur le Mont de Praz an der Militärstrasse auf 630 m, Sur-le-Mont de Nant 600 bis 625 m). Durch die Abrissnische der Vaillet-Sackung nördlich des Signals Plan-Châtel zieht eine durch üppigere Vegetation weithin sichtbare schmale Zone in ca. 625 m. Es ist die Mergelgrenzzone Aquitanien/Burdigalien. Wie ein Vergleich der verschiedenen Profile aus dieser Grenzzone deutlich zeigt, müssen aber auch hier seitliche Wechsel angenommen werden.

Dagegen ist es unmöglich, die im Liegenden der Serie VI folgenden verschiedenen Profile am Wistenlacherberg miteinander zu parallelisieren. Die Detailprofile

<sup>1)</sup> Die Bestimmungen wurden von Herrn Dr. W. HUBER, Oberassistent am Mineralogischen Institut der Universität Bern, ausgeführt, wofür ich ihm meinen besten Dank ausspreche.



haben deshalb immer nur eine ganz lokale Bedeutung. Allerdings bleibt das Prinzip der rhythmischen oder zyklischen Sedimentation sowie der gesamte lithologische Charakter in den einzelnen Profilen immer gleich, so dass das auf Tafel IX dargestellte Profil in dieser Beziehung doch eine allgemeinere Bedeutung erhält.

Das Auskeilen der Schichten sowie seitliche lithologische Wechsel mit Übergängen sind an verschiedenen Stellen zu beobachten, besonders schön in den Aufschlüssen oberhalb Praz (Vaux de Praz). Oft sind innerhalb einer mächtigen Sandsteinbank unregelmässige Mergelschnüre und -nester eingelagert. Diese Einlagerungen können sich seitlich rasch zu bedeutenden Mergelkomplexen entwickeln, welche die Sandsteinbank aufspalten. Seitliche Variationen ergeben sich ferner aus den unregelmässigen Mergeloberflächen, auf welchen die Sandsteinbänke liegen.

Mit Ausnahme von einigen Schichtkomplexen aus der Serie VI sind also im Aquitanien des Wistenlacherberges keine stratigraphischen Leithorizonte vorhanden.

Das gleiche gilt für das Aquitanien der Umgebung von Murten. Grössere zusammenhängende Profile sind (schon ausserhalb unseres Gebietes) im Burggraben oberhalb Löwenberg und im Graben westlich Coussiberlé aufgeschlossen.

Im Burggraben finden wir auf 490–520 m eine der Serie VI des Wistenlacherberges entsprechende Schichtfolge. Ein ca. 5 m mächtiger Mergelkomplex bildet den Abschluss des sandigen Teils dieser Serie und gleichzeitig die Grenze Aquitanien/Burdigalien. Auffallend ist in diesem Komplex eine grüne Silt-Ton-Schicht voller dunkelroter Punkte. Fossilien konnten hier nicht gefunden werden.

Vom Burggraben gegen SW lässt sich die Serie VI in verschiedenen Aufschlüssen nachweisen. Im Forêt du Craux, nördlich Münchenwiler (Koord. 576, 500/196, 225, Blatt Ulmiz) sind auf 520 m die im oberen Teil der Serie VI auftretenden, feinkörnigen, plattigen Kalksandsteine und Mergelkalke aufgeschlossen. Die im Dorf Münchenwiler selbst zwischen 500 und 510 m auftretenden Sandsteine entsprechen dem unteren Teil der Serie.

Die übrigen, meist kleinen Aufschlüsse des Gebietes zeigen die für das Aquitanien charakteristischen lithologischen Merkmale. Im Tälchen südlich Courgevaux sind aquitane Sedimente bis auf 560 m aufgeschlossen.

### 6. Lithologie und regionale Verbreitung des Burdigalien

Die Verbreitung und Mächtigkeit des Burdigalien am Wistenlacherberg zeigt Tafel VIII. Durch die Verwerfung von Sur-le-Mont ergeben sich zwei voneinander isolierte Vorkommen. Im Ostflügel der Verwerfung sind nur die untersten 30–35 m erhalten. Im Westflügel dagegen erreicht die Mächtigkeit 60–65 m. In lückenlosen Profilen sind die untersten 30–35 m aufgeschlossen.

Für die sedimentpetrographischen Untersuchungen haben wir ein Profil auf der Nordseite des Wistenlacherberges (ca. 20 m westlich der Verwerfung von Sur-le-Mont, Koord. 573, 175/201, 600) von 565–600 m gewählt. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind in den Figuren 2 und 3 (S. 172/173) und Tafel IX zusammengestellt. Das Profil umfasst die Probennummern 211–250.

Tabelle 4 gibt eine Übersicht der vorkommenden Sedimenttypen sowie ihre Anteile an der Gesamtmächtigkeit des Profils.

Ein Vergleich dieser Zusammenstellung mit Tabelle 3, S. 184, ergibt folgende Abweichungen von der lithologischen Ausbildung der aquitanen Schichtfolge:

1. Die Mergel und die ganze Gruppe der karbonatarmen oder karbonatfreien Sedimente sind nicht mehr vorhanden.
2. Die Kalksandsteine nehmen fast 90% der Gesamtmächtigkeit ein (Aquitanien 17%), die Sandsteine dagegen nur 6% (Aquitanien 25%).

Im Detail zeigt die zur Hauptsache aus Kalksandsteinen bestehende burdigale Schichtfolge eine sehr wechselvolle und unruhige Sedimentation. Auffallend sind die in verschiedenen vertikalen Abständen auftretenden harten, plattigen, feinkörnigen Kalksandsteine und Sandkalke, welche durch die Verwitterung oft als mehr oder weniger ausgedehnte Platten aus den grobkörnigen Kalksandsteinen herauspräpariert werden. Sie unterscheiden sich sowohl durch ihre petrographische Beschaffenheit wie durch ihre Begrenzungen deutlich von den Knauern der aquitanen Sandsteine. Am eindrücklichsten ist diese für das Burdigalien typische Erscheinungsform an der Militärstrasse Sugiez-Plan-Châtel von 630–650 m zu beobachten. In relativ frischen, der Verwitterung weniger zugänglichen Aufschlüssen erscheinen diese wenig mächtigen Einschaltungen deutlich als dunklere Bänder.

Ebenso charakteristisch sind für die unterste Serie des Burdigalien Schwemmhölzeinlagerungen, wobei allerdings in den meisten Fällen das Holz nur noch als rostige Nester im Kalksandstein zu erkennen ist. Die Strukturen des Holzes (zum Beispiel Jahresringe) sind oft noch deutlich erhalten. Stämme bis zu 30 cm Durchmesser konnten beobachtet werden.

Tabelle 4

Die burdigalen Sedimenttypen und ihre Anteile an der Gesamtmächtigkeit des auf Tafel IX dargestellten Profils

Sedimenttypen	Mächtigkeiten in Meter	Anteile in Prozent		
Grobkörnige Sandsteine . . . . .	2,00	5,7		
Kalksandsteine:	} 32,95	} 94,1		
grobkörnig . . . . .			23,00	65,7
mittelkörnig . . . . .			5,80	16,6
feinkörnig . . . . .	2,15	6,1		
Siltig-tonige Kalksandsteine . . . . .	1,45	4,1		
Mergelkalke (Kalkmergel) . . . . .	0,15	0,4		
Sandige Mergelkalke . . . . .	0,30	0,9		
Siltig-tonige Sandkalke . . . . .	0,15	0,5		
Gesamtmächtigkeit	35,00	100,0		

Hin und wieder erscheinen in der burdigalen Schichtfolge sehr unregelmässig verlaufende Mergelzüge und Mergelnester. Dieser Mergel besteht, entgegen der Auffassung von P. ZIMMERMANN (1935), sicher aus aufgearbeitetem Material. Die Schichtung innerhalb der Mergelnester verläuft ganz willkürlich zur Schichtung der Sandsteine. Meist handelt es sich um hellgraue oder schwärzliche, feingeschichtete Mergel und Silt-Tone, welche auf den Schichtflächen zahlreiche und oft sehr gut erhaltene Pflanzenreste aufweisen. P. ZIMMERMANN (1935) hat solche aufgearbeitete Mergelnester an der Militärstrasse Sugiez-Plan-Châtel (630 m) beobachtet und beschrieben. Der gleiche Aufschluss zeigt eine ca. 30 cm mächtige Zone von grobkörnigem Sand mit zahlreichen Kalkkonkretionen und Geröllen. Die Zone verläuft ganz unregelmässig, keilt aus, setzt wieder ein und kann sich in mehrere Züge spalten.

Ein wichtiges Merkmal der unteren burdigalen Serie ist die meist vorhandene Schichtung der Kalksandsteine. Besonders typisch sind die im oberen Teil der Serie zu beobachtenden, ausgesprochenen Schräg- und Kreuzschichtungen. Unmittelbar im Hangenden dieser durch sehr unruhige Sedimentation auffallenden Zone treten dann normalerweise die ersten Muschelsandsteinbänke auf. Diese bilden das kleine

Plateau beim Signal Plan-Châtel (655 m), stellenweise die Oberkante des steilen Nordhanges des Wistenlacherberges (Koord. 573, 150/201, 550 und 572, 625/201, 300) auf 600 m und bei Sur-le-Mont ebenfalls die Oberkante eines Steilhanges auf 600 bis 610 m. Die Aufschlüsse zeigen, dass die eigentlichen Muschelsandstein- und Muschelsandkalkbänke meist nur eine geringe Mächtigkeit aufweisen und seitlich oft auskeilen. Geröllführende, grobkörnige Sande und plattige, harte, feinkörnige Kalksandsteine sowie weiche, feingeschichtete Sande sind zwischengelagert. Als Beispiel geben wir ein Profil beim Signal Plan-Châtel:

Von oben nach unten:

15 cm	harte, plattige, feinkörnige Kalksandsteine;
30 cm	Muschelsandstein mit Geröllen;
50 cm	grobkörniger Sandstein mit harten, plattigen Kalksandsteinzwischenlagen;
20–30 cm	feinplattige, harte, siltig-tonige Sandkalke mit gewellten Schichtflächen und erdigen, weichen, feingeschichteten Zwischenlagen von siltig-tonigem Sand;
40 cm	Muschelsandstein, welcher seitlich in geröllführende, grobkörnige Sandsteine übergeht;
2 + x m	kreuzgeschichteter, grobkörniger Kalksandstein mit unregelmässig eingelagerten, harten Zwischenlagen.

Die über der untersten Muschelsandsteinzone folgenden Ablagerungen sind zum grössten Teil mit Verwitterungs- und Gletscherschutt bedeckt. Bei Pt. 615 (Koord. 572, 700/201, 100) ist ein kleiner, heute nicht mehr benützter Muschelsandsteinbruch vorhanden. Grössere ehemalige Muschelsandsteinbrüche finden wir bei Sur-le-Mont (Pt. 618.3) und 150 m südwestlich von Pt. 626 auf 625 m. Die Schichten in den beiden Brüchen weisen alle möglichen Lagen auf. Häufig ist ein Einfallen gegen NE mit 10–25° zu beobachten (Schrägschichtung). Bei Pt. 625.6 wurde in einem 6 m tiefen Stollen kein Muschelsandstein angetroffen.

Auf der Murtenseite ist das Burdigalien sehr schlecht aufgeschlossen. Ausserhalb unseres Gebietes beobachtet man im Burggraben oberhalb Löwenberg zwischen 520 und 540 m eine burdigale Serie mit den gleichen lithologischen Merkmalen wie am Wistenlacherberg. Das Vorwiegen der ziemlich harten Kalksandsteine in der burdigalen Serie zwischen der Grenzzone Aquitanien/Burdigalien und den ersten Muschelsandsteinbänken ermöglichte die Anlage von verschiedenen Steinbrüchen (Murtenwald auf 510 m, Münchenwiler auf 530–535 m, beide auf Siegfriedblatt Ulmiz [315], nördlich Aux-Roches, Blatt Avenches, auf 590–600 m).

Die unterste Muschelsandsteinzone lässt sich vom Murtenwald auf 520 m über den Burggraben (537 m) und Ermelsburg bis Münchenwiler (535 m) verfolgen.

In unserem Untersuchungsgebiet finden wir auf der Nordseite des Bois-de-Bouley zwischen 540 und 600 m einige Aufschlüsse des Burdigalien, welche stratigraphisch höher als die unterste Muschelsandsteinzone liegen müssen.

Im anschliessenden Blatt Avenches treffen wir den untersten Muschelsandstein als Dach des Sandsteinbruches nördlich Aux-Roches auf 600 m. Die Schichten des Sandsteinbruches fallen mit 11° gegen NE.

## B. FOSSILFÜHRUNG UND ALTER DER SEDIMENTE, GRENZE AQUITANIEN/BURDIGALIEN

### 1. Einleitung

In Tabelle 5 haben wir die verschiedenen Auffassungen über die Unterteilung und zeitliche Einordnung der Sedimente unseres Gebietes zusammengestellt. Danach können wir zwei, in den Abschnitten 5 und 6 beschriebene, lithologische Einheiten unterscheiden, nämlich die sogenannte „Untere Süsswassermolasse“ im Lie-

Tabelle 5  
Die verschiedenen Auffassungen über die Unterteilung und zeitliche Einordnung der Sedimente des Wistenlacherberges

V. GILLIÉRON 1885	H. SCHARDT 1907	E. GERBER 1913	P. ZIMMERMANN 1932   1935	J. KOPP 1935	J. HÜRZELER 1946	R. RAMSEYER 1951
<i>Grès coquillier</i> Fossilliste siehe S. 194	Die ganze Schichtfolge wird zur marinen Molasse gerechnet (damals Langhien, Helvétien inférieur et supérieur)	<i>Burdigalien:</i> Marine Molasse und „Unterer Muschel-sandstein“	<i>Burdigalien:</i> Muschelsandstein mit <i>Tapes helvetica</i> , <i>Odontaspis cuspidata</i> u. a.	<i>Burdigalien:</i> Muschel-sandstein		<i>Burdigalien:</i> Muschelsandsteinfazies der marinen Molasse
			Marine Molasse	bei Sur-le-Mont		
<i>Molasse marine</i> (lithologische Parallelisation mit der fossilführenden, marinen Molasse der Westschweiz)		„Untere Süßwassermolasse“ ( <i>Aquitainen</i> )	Mergel-nester mit <i>Arundo Goeperti</i> (HEER)	bei Plan-Châtel	Säugetierfauna mit <i>Cricetodon infra-lactorensis</i> , <i>Prolagus vasconiensis</i> und <i>Lagopsis Cadeoti</i> , sehr wahrscheinlich bereits zum <i>Burdigalien</i> zu rechnen	<i>Grenzone Aquitanien/Burdigalien</i> (Serie VI) mit Säugetierfauna: <i>Cricetodon infralactorensis</i> , <i>Prolagus vasconiensis</i> , <i>Lagopsis Cadeoti</i> u. a. <i>Cepaea subglobosa</i> (GRATELOUP) <i>Aquitainen:</i> Verschiedene Helicidenfundstellen
			Heliciden und Planorben	<i>Aquitainen</i>		
<i>Molasse d'eau douce inférieure sans lignite</i> (am Wistenlacherberg bis ca. 600 m ü. M.) ohne Fossilien						



genden und die marine Molasse mit der Muschelsandsteinfazies im Hangenden. In diesem Kapitel wollen wir nun beweisen, dass der Kontakt dieser lithologischen Einheiten recht genau mit der Grenze Aquitanien/Burdigalien zusammenfällt.

## 2. Fossilführung der „Unteren Süsswassermolasse“

Fossilien sind in der „Unteren Süsswassermolasse“ selten. V. GILLIÉRON (1885) schreibt in seinem Text zu Blatt XII der geologischen Karte der Schweiz 1:100 000 unter dem Abschnitt „Fossiles“:

«Malgré le grand espace qu'occupe la zone subjurassique [der „Unteren Süsswassermolasse“], j'ai le regret de devoir dire, que je n'y ai rien trouvé en fait de restes d'animaux et de plantes, et que ce n'est que pour mémoire que je mets le mot de fossiles au commencement de cet alinéa.»

Die wichtigsten Fossilhorizonte befinden sich in der Grenzzone marine Molasse/„Untere Süsswassermolasse“. P. ZIMMERMANN (1932) beschreibt einen Aufschluss an der Strasse Sugiez-Plan-Châtel auf 604 m, welcher den Übergang der Süsswassermolasse zur marinen Molasse zeigen soll und eine blaue Mergelschicht mit *Helix* und *Planorbis* aufweise. Leider ist dieser Aufschluss heute von Vegetation bedeckt.

Wichtig sind die Säugetierreste und helicidenführenden Horizonte der Grenzzone. Am Wistenlacherberg haben wir solche Horizonte an folgenden Stellen gefunden (vgl. Tafel VIII):

1. Auf 625 m an der Strasse Sugiez-Plan-Châtel (Koord. 574, 225/201, 500).

Profil von oben nach unten:

- 50 + x cm gefleckte Mergel;
- 15 cm grünlicher, sandiger Silt-Ton mit zahlreichen Heliciden und Säugetierresten;
- 20 cm hellgrüner Mergel mit Heliciden und Säugetierresten;
- 110 cm sandiger Mergel – siltig-toniger Kalksandstein, zum Teil fein geschichtet;
- 2 + x m Knauersandstein.

Eine kurze Notiz über die Fauna dieser Fundstelle hat J. HÜRZELER (1946) publiziert. Es wurde allerdings übersehen, dass die Fundstelle unmittelbar im Liegenden der marinen Molasse liegt und die Grenze Aquitanien/Burdigalien somit auch aus lithologischen Gründen an dieser Stelle gezogen werden kann (vgl. V. GILLIÉRON, 1885; P. ZIMMERMANN, 1932; J. KOPP, 1935).

2. Auf 625 m, ca. 100 m nordwestlich Signal Plan-Châtel, unterhalb der Militärstrasse.

Profil von oben nach unten:

- 30 cm grüner, sandiger Silt-Ton;
- 4 m gefleckte Mergel;
- 20 cm dunkelgraugrüner, sandiger Silt-Ton mit Säugetierresten;
- 4 m Knauersandstein;
- 45 cm gefleckte Mergel;
- 1,5 m dunkelbrauner, sandiger Silt-Ton (ca. 40 cm), welcher gegen unten in bräunlichen, sandigen Mergel voller Heliciden (*Cepaea subglobosa* GRATELOUP) und schliesslich in siltig-tonigen Kalksandstein übergeht;
- 4 m gefleckte Mergel;
- 3 + x m plattige, sandige Mergel und Kalkmergel.

Ca. 6 m über diesem Profil (unmittelbar unter der Strasse) ist auf 635 m als Abschluss einer Knauersandsteinbank noch eine grünlich-gelb gefleckte, sandige Silt-Ton- und Mergelschicht mit Heliciden aufgeschlossen. Darüber folgt die marine Molasse.

3. Auf 560 m in einem Wasserstollen der Wasserversorgung Bellechasse (Captage „F“) unmittelbar westlich der Verwerfung von Sur-le-Mont (Koord. 573, 200/201, 625). Das Profil ist in Figur 8, S. 212, dargestellt. Die Säugetierreste finden sich in der unteren grünlichen Silt-Ton-Schicht.

4. Auf 570 m an einem kleinen Fussweg auf der rechten Seite des Grabens von Creux-Pissiaux (Koord. 572, 975/201, 425).

Profil von oben nach unten:

4 + x m marine Molasse;  
 40 cm gefleckte Mergel;  
 30 cm hell graugrüner Silt-Ton, gegen unten in Mergel mit zahlreichen Heliciden übergehend.

5. Auf 580 m in einem Wasserstollen der Wasserversorgung Lugnorre bei Sur-le-Mont (Koord. 572, 900/200, 450).

6. Auf der Murtenseite befindet sich an der Basis der marinen Molasse eine Fossilfundstelle zwischen Wallenried und Courlevon (Blatt Avenches), am Fussweg von Wallenried nach dem Weiler Cornatzy auf 525 m (rechte Seite des R. des Echelles, Koord. 574, 950/192, 375).

Profil von oben nach unten:

40 + x cm gefleckte Mergel;  
 30 cm dunkel graugrüner, sandiger Silt-Ton bis siltig-toniger Sandstein mit Heliciden und Säugetierresten;  
 3 + x m Knauersandstein, zum Teil geschichtet.

Die Säugetierreste der beschriebenen Fundstellen wurden durch J. HÜRZELER (Basel) bearbeitet. In einem Schreiben vom 27. Oktober 1951 fasst HÜRZELER die Resultate dieser Untersuchungen folgendermassen zusammen:

„Durch Aufsammlung im Felde und Schlämmen grosser Quantitäten fossilführenden Gesteins wurde in den Jahren 1934 bis 1937 durch R. RUTSCH und J. HÜRZELER sowie in den Jahren 1949 bis 1951 durch R. RAMSEYER aus der Mergelzone im Liegenden der marinen Molasse des Wistenlacherberges und nordwestlich von Wallenried eine kleine Säugetierfauna gewonnen, die für die Bestimmung der Grenze zwischen Aquitanien und Burdigalien von einiger Bedeutung ist. Es wurden bisher folgende acht Säugetiere festgestellt:

Soricide  
 Talpide  
 Chiropter  
*Peridyromys murinus* (POMEL)  
*Pseudotheridomys parvulus* SCHLOSSER  
*Cricetodon infralactorensis* VIRET  
*Prolagus vasconiensis* VIRET  
*Lagopsis Cadeoti* VIRET

Es handelt sich durchwegs um Kleinformen, die fast ausschliesslich durch isolierte Einzelzähne belegt sind. Die Zähne sind zum grössten Teil sehr frisch, einige wenige sind leicht gerollt. Es liegen jedoch keine positiven Anhaltspunkte vor, dass Fossilien aus älteren Schichten aufgearbeitet wären. Die kleine Fauna ist im Gegenteil in ihrer Zusammensetzung und in der Entwicklungshöhe der einzelnen Komponenten sehr einheitlich.

Von den acht Arten sind *Cricetodon infralactorensis* und *Prolagus vasconiensis* charakteristisch für das ausgehende Aquitanien und das unterste Burdigalien (vgl. J. HÜRZELER, 1946). Die übrigen Arten, mit Ausnahme von *Lagopsis Cadeoti*, sind für chronologische Zwecke vorderhand nicht brauchbar. Ob der Fundkomplex zum Aquitanien oder Burdigalien gehört, lässt sich an Hand der vorliegenden Säugetierreste nicht entscheiden. Wohl scheint die Anwesenheit von *Lagopsis Cadeoti* dafür zu sprechen, dass die Schwelle zum Miocän bereits überschritten ist, da wir diese Form bisher nur aus dem untersten Burdigalien kennen. Allein die Fauna des obersten Aquitanien ist erst sehr unvollständig bekannt, und es ist zu erwarten, dass – wie bei *Cricetodon infralactorensis* und *Prolagus vasconiensis* – auch der oberaquitane Vorläufer des burdigalen *Lagopsis Cadeoti* nur

unwesentlich von diesem abweichen wird. Diese Auskunft mag auf den ersten Blick unbequem sein. Es liegt jedoch in der Natur der Sache, dass bei geschlossener Dokumentation und lückeloser Sedimentation die konventionellen Grenzen sich verwischen.

Auf alle Fälle lässt sich jedoch aussagen, dass auch in der Schweiz der Wechsel vom limnischen Regime der sogenannten „Unteren Süswassermolasse“ zur marinen Molasse ziemlich genau mit der konventionellen Grenze Aquitanien/Burdigalien, wie sie im klassischen Gebiet der Aquitane gezogen wird, zusammenfällt.“

In dem unter 2 aufgeführten Profil (nordwestlich Signal Plan-Châtel) haben wir eine braune, sandige Mergelschicht voller Heliciden zitiert. Die von R. RUTSCH 1935 ausgebeuteten Fossilien wurden von W. WENZ bearbeitet. Nach einer schriftlichen Mitteilung von W. WENZ an R. RUTSCH (28. Februar 1936) gehören die vorkommenden Schnecken alle zu ein und derselben Art, und zwar zu:

*Cepaea subglobosa* (GRATELOUP) = *girondica* (NOULET)

1827: *Helix subglobosa*, GRATELOUP, Bull. Hist. nat. Soc. linnéenne Bordeaux II, p. 95, N° 47.

1923: W. WENZ, *Fossilium Catalogus*, Pars 18: *Gastropoda extramarina tertiaria*, II, p. 680 (W. Junk, Berlin 1923).

W. WENZ schreibt:

„Die Form kommt sowohl im Aquitanien als auch im Burdigalien vor. In der Gehäuseform variiert sie nicht unbeträchtlich. Neben solchen mit gerundeten Umgängen kommen auch mehr oder weniger kantige vor. Auch die Grössenschwankungen sind ziemlich bedeutend. Vielfach liegen in dem Material ziemlich grosse Stücke vor, wie sie auch bei *Cepaea subglobosa subsoluta* in unseren Hydrobienschichten anzutreffen sind. Für das Alter lassen sich daraus aber kaum irgendwelche Schlüsse ziehen.

Erschwerend für die Bestimmung ist die Art der Deformation. Sie scheint so langsam und unter Umständen erfolgt zu sein, dass die Schale weitgehend umgeformt wurde, ohne dass ein Bruch eintrat, mindestens in manchen Fällen. Über die wahre Form des Gehäuses ist daher kaum ein Urteil zu gewinnen.

Eigenartig ist das alleinige Vorkommen dieser Art. Man trifft das sonst selten. Ich kenne eigentlich und aus eigener Anschauung nur eine Parallele. In den tiefsten Schichten des Nördlinger Rieskessels kommen auch solche etwa 10 bis 20 cm mächtige Lagen vor, die ganz aus *Cepaea sylvestrina* bestehen. Wie man sich dieses Verhalten erklären kann? Es sind wohl die Vertreter der Gattung Buschschnecken, die in nächster Nähe des Ufers gelebt haben. Vielleicht war es auch gar kein See oder Tümpel, in den sie eingeschwemmt wurden, sondern eine zeitweise ausgetrocknete kleine Einsenkung, in die die leeren Schalen nach stärkeren Regenfluten mit dem Schlamm eingespült wurden, was sich natürlich mehrere Male wiederholen konnte. Ich habe in Südfrankreich bisweilen am Fusse von Hängen solche oft mehrere cm dicke Lagen von herabgeschwemmten Schneckenschalen gesehen, bei denen zum mindesten eine dort häufige Art stark vorherrschte. Das würde auch das Fehlen von Süswassermollusken und Charaooonien erklären.»

In den stratigraphisch tieferen Schichten des Aquitanien haben wir an folgenden Stellen Fossilien angetroffen:

7. Im Gebiet des Wistenlacherberges südwestlich Pégran auf 485 m (Koord. 570, 825/200, 450).

Profil von oben nach unten:

1,7 m	unregelmässig geschichteter, siltig-toniger Kalksandstein, nach oben in dunkelgrauen, sandigen Silt-Ton übergehend (20 cm);
20 cm	grauer Silt-Ton mit Heliciden, welcher nach unten in gefleckten, sandigen Mergel übergeht;
50 cm	sandiger Mergel bis siltig-toniger Kalksandstein;
70 cm	blättrig abwitternder, siltig-toniger Kalksandstein.

Drei Fundstellen befinden sich auf der Murtenseite:

8. Im Tal südlich Courgevaux auf 510 m (Koord. 575, 125/194, 25).

Profil von oben nach unten:

- 3 + x m Knauersandstein mit aufgearbeiteten Mergelgeröllen;
- 40 cm gefleckte Mergel;
- 20 cm grauschwarzer, sandiger Silt-Ton mit Heliciden;
- 50 cm harter, siltig-toniger Kalksandstein.

9. Im Graben westlich Coussiberlé auf 540 m (Blatt Avenches, Koord. 575, 375/193, 850).

Die Helicidenschalentrümmer befinden sich in einer ca. 20 cm mächtigen, grauschwarzen, sandigen Silt-Ton-Schicht.

10. Burggraben oberhalb Löwenberg auf 505 m (Blatt Ulmiz, Koord. 577, 600/197, 650).

Guterhaltene Heliciden finden sich in der Übergangszone eines dunkelbraunen, siltig-tonigen Sandsteines in Kalksandstein.

Nach der stratigraphischen Stellung, dem Auftreten und Erhaltungszustand der Heliciden ist diese Fundstelle derjenigen NW Signal Plan-Châtel auf 620 m (Fundstelle 2) sehr ähnlich.

Wie die aufgeführten Profile der Fossilfundstellen 1 bis 10 zeigen, treten die Heliciden immer in den karbonatarmen, dunkelgrauen, braunen und grünen, wenig mächtigen Sedimentschichten auf oder in den Übergangszonen dieser Schichten zu den kalkreichen Sedimenten im Liegenden. In den auffallend rostroten Horizonten konnten nirgends Fossilien gefunden werden.

Fundstellen mit überwiegend guterhaltenen Heliciden sind recht selten. Meist sind die ursprünglichen Schalen entweder mehr oder weniger stark deformiert oder zerbrochen.

### 3. Fossilführung der marinen Molasse

Bei der Durchsicht der Dünnschliffe aus der über der Grenzzone Aquitanien/Burdigalien folgenden Serie (vgl. Tafel IX) zeigte sich, dass diese Sedimente neben Glaukonitkörnern oft zahlreiche Foraminiferen enthalten. Durch die freundliche Vermittlung von Herrn Dr. H. A. HAUS (Frickingen) wurde eine reichlich Foraminiferen führende Probe von Herrn Dr. H. HAGN (München) untersucht. Im folgenden geben wir das Ergebnis dieser Untersuchungen aus einem Brief von H. HAGN an H. A. HAUS vom 4. August 1951 wieder:

„Die Probe vom Mt. Vully (Wistenlacherberg) enthielt nicht selten normalwüchsige Foraminiferen, die aber leider ziemlich schlecht erhalten waren. Dennoch liessen sich einige davon bestimmen. Ziemlich häufig waren folgende:

*Rotalia beccarii* (L.)

*Elphidium crispum* (L.)

*Nonion commune* (D'ORB.)

*Cibicides lobatulus* (W. & J.)

*Spiroplectammia* sp.

Letztere war ziemlich selten. Einzelne Bruchstücke von Globigerinenkammern lassen sich wohl auf *Globigerina bulloides* D'ORB. beziehen. Daneben fanden sich noch eine Menge Bruchstücke, die wohl weiteren Arten angehören, sich aber in der vorliegenden Erhaltung nicht näher bestimmen lassen.

Ich habe zunächst die in Ihrem Brief angegebene Literatur über den Mt. Vully nicht durchgesehen, um ohne Vorbehalt an die Sande gehen zu können. Wenn es sich um eine bayerische Probe handeln würde, möchte ich sie ohne weiteres als Burdigalien bestimmen. Helvétien-Faunenelemente fanden sich in der Probe nicht. Faziell wie faunistisch liegen gewisse Ähnlichkeiten mit dem burdigalen Horizont von Ortenburg in Niederbayern vor. Auch dort finden sich die oben angegebenen Fossilien in ähnlicher Tracht und Häufigkeit.

Für bezeichnend halte ich das häufige und typische Vorkommen von *Cibicides lobatulus* (W. & J.), die ziemlich grosswüchsig ist, sowie der zahlreichen *Elphidien* in Verbindung mit *Nonion commune* (D'ORB.). Zweifellos liesse sich bei Vorlage günstiger Proben noch mehr an faunistischen Angaben herausholen.

Nachdem ich die Molassefazies der Westschweiz bislang noch nicht kenne, kann ich natürlich nicht ohne weiteres meinen Befund auf diese Gebiete übertragen. Wenn aber geologische und auch sonstige Umstände für ein Burdigalalter sprechen, wie es zum Beispiel die Notiz über den Mt. Vully von J. HÜRZELER (1946) besagt, so stehen einer Einstufung dieser Probe als Burdigalien von mikropaläontologischer Seite keine Schwierigkeiten entgegen.“

Aus einem Mergelnest in der marinen Molasse an der Strasse Sugiez-Plan-Châtel erwähnt P. ZIMMERMANN (1935) schöne Blätter von *Arundo Goepperti* (HEER) und „Tannensamen“. Die von uns an der gleichen Stelle aufgesammelten Pflanzenreste lassen sich nur sehr schwer bestimmen. Nach einer mündlichen Mitteilung von Herrn Prof. Dr. W. RYTZ (Botanisches Institut der Universität Bern) sind Ähnlichkeiten mit den Gattungen *Celtis*, *Myrica*, *Vaccinium* und *Caesalpina* vorhanden.

Aus der Muschelsandsteinfazies der marinen Molasse zitieren wir folgende Fossilisten:

Nach Angaben von V. GILLIÉRON (1885):

*Tapes suevica* QUENST.  
*Lamna cuspidata* AG.  
*Lamna elegans* AG.  
*Oxyrhina hastalis* AG.  
*Oxyrhina leptodon* AG.  
*Lamna contortidens* AG.  
*Trionyx*  
 Rhinoceroszähne von der Gruppe *incisivus-minutus*

M. LERICHE (1927) zitiert folgende Selachier:

*Odontaspis acutissima* AG.  
*Odontaspis cuspidata* AG.  
*Odontaspis crassidens* AG.  
*Lamna cattica* PHILIPPI  
*Oxyrhina hastalis* AG.  
*Alopecias exigua* PROBST

P. ZIMMERMANN (1932) erwähnt:

*Tapes helvetica*  
 Zwei Zähne von *Odontaspis cuspidata*  
 Fragment eines Unterkiefers von *Aetobatis arcuatus*

Aus eigenen Aufsammlungen:

*Chione?* sp. indet.  
*Veneridae* indet.  
*Tellinidae?* indet.

Zusammenfassend können wir über das Alter der Sedimente unseres Gebietes (insbesondere des Wistenlacherberges) folgendes aussagen:

1. Die Sedimente der „Unteren Süsswassermolasse“ können auf Grund der Säugetierfunde aus der Grenzzone gegen die marine Molasse mit ziemlicher Sicherheit ins Aquitanien gestellt werden. Möglicherweise gehört die Grenzzone selber (Serie VI) bereits zum Burdigalien. Aus praktischen Gründen haben wir die Grenze an der Basis der sicher marinen Molasse gezogen.



2. Die marine Molasse ist auf Grund der Foraminiferenfauna ins Burdigalien zu stellen.



3. Die Grenze Aquitanien/Burdigalien fällt mit dem Fazieswechsel der beiden lithologischen Einheiten ungefähr zusammen.


#### 4. Anschluss an die Nachbargebiete

Der auffallende lithologische Wechsel zwischen Aquitanien und Burdigalien ist schon von V. GILLIÉRON (1885) beobachtet und beschrieben worden. Besonders

Tabelle 6

*Schematische Übersicht der Grenze Aquitanien/Burdigalien in bezug auf die Muschel-sandsteinhorizonte im Gebiet zwischen Dotzigen-Jensberg (bernisches Seeland) und Mt. Jorat sur Lausanne*

NE			Dotzigen- Jensberg	Jolimont	Mt. Vully- Gebiet von Murten	Estavayer- Yverdon	SW Mt. Jorat
Miocaen Burdigalien	„Obere Meeresmolasse“	Graue, marine Molasse	Erodiert	Erodiert	Erodiert		
Oligocaen Aquitanien			Bunte Molasse	Grenzzone Aquitanien/Burdigalien			Molasse grise de Lausanne
„Untere Süßwassermolasse“				Molasse bariolée			

 Muschelsandsteinbänke

markant ist dieser Wechsel im nordwestlich an unser Gebiet anschliessenden bernischen Seeland. Die marine Molasse beginnt hier mit einer Muschelsandsteinbank, welche seit ED. GERBER (1913) als unterer Muschelsandstein (= Muschel Nagelfluh nach B. STUDER, 1825) bezeichnet wird. Den gleichen unteren Muschelsandstein glaubte ED. GERBER am Wistenlacherberg bei Sur-le-Mont wieder feststellen zu können. Nun werden allerdings gerade an dieser Stelle auf den ersten Blick ähnliche Verhältnisse wie im bernischen Seeland vorgetäuscht, da durch die Verwerfung von Sur-le-Mont (vgl. S. 200) die bunten Mergel der „Unteren Süsswassermolasse“ unmittelbar neben den Muschelsandstein und die marine Molasse zu liegen kommen (vgl. Tafel VIII). Dies veranlasste ED. GERBER zu der in Tabelle 5, S. 189, dargestellten Grenzziehung.

Der untere Muschelsandstein hat nur im bernischen Seeland als Beginn der marinen Molasse eine lokale, stratigraphische Bedeutung.

Bereits am Jolimont tritt die erste Muschelsandsteinbank ca. 6 m über der Faziesgrenze „Untere Süsswassermolasse“/marine Molasse auf, am Wistenlacherberg sogar erst 20–30 m höher.

Noch weiter gegen Südwesten treten einzelne Muschelsandsteinbänke von wechselnder Mächtigkeit in den verschiedensten Niveaux der mächtigen marinen Molasse auf.

Bei der in der Arbeit von H. M. SCHUPPLI (1950) besprochenen, über 100 m mächtigen „grauen Molasse“ im Gebiet von Estavayer–Moudon–Yverdon handelt es sich ohne Zweifel um marine Molasse des Burdigalien, die sicher nicht der „molasse grise de Lausanne“ (oberes Aquitanien) entspricht. Der marine Charakter dieser sogenannten grauen Molasse ist durch eingeschaltete Muschelsandsteinbänke und Foraminiferen genügend belegt. Schon V. GILLIÉRON (1885) erwähnt von der Basis dieses Komplexes bei Moudon marine Fossilien.

## D. FAZIES UND ENTSTEHUNG DER SEDIMENTE

### 1. Die „Untere Süsswassermolasse“ (Aquitanien)

Die Ausführungen in den vorhergehenden Kapiteln haben gezeigt, dass die als „Süsswassermolasse“ bezeichneten Ablagerungen weder typische Süsswassersedimente (wie Süsswasserkalke, Seekreide, Kohleflöze usw.) aufweisen, noch Süsswasserfossilien führen.

Alle petrographischen Merkmale wie die Fossilführung sprechen im Gegenteil für eine vorwiegend terrestrische Bildungsweise der aquitanen Schichtfolge.

Bei den vorkommenden Fossilien handelt es sich ausschliesslich um Überreste von Landtieren und Landpflanzen. Ihr Auftreten beschränkt sich auf die für die aquitanen Profile charakteristischen, S. 181 ausführlich besprochenen, karbonatarmen Sedimente.

Nach R. RUTSCH (1945) kommt – in gewissen Fällen wenigstens – für diese Fossilien ein langer Transport durch Flüsse von einem südlich gelegenen Festland in das Molassebecken nicht in Frage. Als Argument wird unter anderen der oft sehr gute Erhaltungszustand der Fossilien angeführt, eine Tatsache, die auch in unserem Gebiet an verschiedenen Fundstellen beobachtet werden konnte. R. RUTSCH kommt zur Auffassung, die Landtiere und Landpflanzen hätten zum Teil auf Festlandsebenen innerhalb des Molassebeckens selbst gelebt. Durch Absenkung des Molasse-troges seien dann diese Gebiete überflutet und die verwitterten Sedimente der Festlandsebenen zusammen mit den Tier- und Pflanzenresten einsedimentiert worden.

Es ist nun naheliegend, in den erwähnten karbonatarmen, oft Landfossilien führenden Sedimenten die durch Verwitterung umgewandelten Ablagerungen solcher Festlandsebenen innerhalb des Molassebeckens zu sehen. Auf bestimmte Verwitterungsvorgänge könnten jedenfalls die Abwesenheit von Kalk, Anreicherungen von Eisen und zum Teil auch die auffallenden Färbungen dieser Sedimente zurückgeführt werden.

Auf das verschiedene Auftreten der karbonatarmen Sedimente haben wir bereits S. 181 und 182 hingewiesen.

Wo diese Sedimente als Abschluss von sandigen Komplexen, aus welchen sie ohne scharfe Grenzen hervorgehen, auftreten, ist die Möglichkeit nicht von der Hand zu weisen, dass die Verwitterungsschichten noch an Ort und Stelle ihrer Entstehung vorhanden sind. Gegen eine Einschwemmung in einen Tümpel oder in ein grösseres Wasserbecken spricht in diesen Fällen die Abwesenheit einer Schichtung und die schlechte Aufbereitung des Materials (vgl. Figur 5, S. 177). Es erscheint plausibel, dass auf diesen, der Verwitterung ausgesetzten Festlandsebenen die Erhaltungsbedingungen für die abgestorbenen Organismen und Pflanzen sehr schlecht waren. Fossilien findet man deshalb in diesen Schichten äusserst selten.

Dagegen bestehen die wenig mächtigen, scharf abgegrenzten karbonatarmen Schichten innerhalb der Mergelkomplexe zum Teil sicher aus eingeschwemmtem, feinerem Material eines benachbarten Festlandgebietes. Fossilien sind in diesen Schichten etwas häufiger vorhanden, was durch eine raschere Einbettung der Organismen in das vorwiegend tonige Material erklärt werden kann.

In den ausserordentlich raschen vertikalen und vor allem horizontalen Wechsellagen der Fazies kommt die Vielfalt der bei terrestrischen Sedimentationsbedingungen möglichen Vorgänge deutlich zum Ausdruck. Trotz dieser Vielfalt lassen sich aber gerade in der vertikalen Richtung stets wiederkehrende Gesetzmässigkeiten erkennen, die zur Bildung der auf S. 184ff. beschriebenen Sedimentationszyklen führten. Die Entstehung dieser Zyklen dürfte durch folgende Phasen bedingt sein:

1. Intensive Sedimentation, möglicherweise bedingt durch eine Absenkung des Molassetroges, welche lokal zur Bildung mächtiger Sandsteinbänke aus relativ grobem Material führt. Die Abwesenheit einer Schichtung spricht gegen eine Ablagerung dieser Sandmassen in einem grösseren Wasserbecken. Nur an einer Stelle (Vaux de Praz) war innerhalb einer solchen Sandsteinbank eine deutliche Schrägschichtung zu beobachten, welche durch eine fluviatile Aufschüttung des Materials bedingt sein könnte. Vielleicht sind ursprünglich vorhandene Schichtungen durch nachträgliche Umlagerungen wieder zerstört worden.

2. In einer Übergangsphase wird die Sedimentation zeitweise und lokal unterbrochen. Stellenweise liegen die in der ersten Phase aufgeschütteten Sandmassen trocken und sind der Verwitterung ausgesetzt, was die Bildung der karbonatarmen Sedimente zur Folge hat. Es ist sehr wohl möglich, dass in dieser Phase durch Umsetzungen zirkulierender Bodenwässer die „Knauer“ der Sandsteinbänke entstanden sind.

Kleinere Überschwemmungen können den Verwitterungsvorgang unterbrechen und zur Aufschüttung mehr oder weniger mächtiger, feinkörniger Sandmassen führen, worauf bei erneuter Trockenlegung der Verwitterungsprozess wieder einsetzt. Die Wiederholung dieses Vorganges ergibt die im Kapitel über die Lithologie des Aquitanien geschilderte, rhythmische Gliederung des sandigen Teils der einzelnen Zyklen.

3. In einer letzten Phase kommen dann hauptsächlich Mergel zum Absatz. Die hin und wieder vorhandene Feinschichtung dieser Mergel spricht für einen Absatz in einem Tümpel oder Süsswasserbecken. Karbonatarme Schichten und wenig



mächtige, sandige Horizonte werden eingeschwemmt. Offensichtlich wird in dieser Schlussphase der Beginn eines neuen Sedimentationszyklus durch beginnende Absenkung und dadurch zunehmende Überschwemmungen vorbereitet.

Der neue Zyklus beginnt dann wiederum mit einer starken Grobsandschüttung, wobei die in der letzten Phase des vorhergehenden Zyklus abgelagerten Mergel oft stark erodiert und zum Teil aufgearbeitet werden.

Da nun die einzelnen Phasen des schematisch skizzierten Sedimentationsprozesses bis zu einem gewissen Grade nebeneinander verlaufen können, ergibt sich die für das Aquitanien typische, grosse, laterale Variabilität der Sedimente.

Etwas anders sind die Verhältnisse im obersten Teil der „unteren Süsswassermolasse“ (Serie VI, siehe S. 185). In dieser Serie scheint sich bereits die marine, burdigale Transgression anzukündigen. Die lithologische Ausbildung des mächtigen sandigen Teils dieser Zone zeigt gewisse Ähnlichkeiten mit derjenigen der marinen Molasse. Möglicherweise machen sich auch bereits marine Einflüsse geltend, da in einem Schliff aus dieser Serie Glaukonitkörner angetroffen wurden.

Offenbar wurde die Entstehung dieser Schichtserie durch eine stärkere Absenkung des Molassetroges eingeleitet. Es bildete sich ein grösseres, zusammenhängendes Wasserbecken, in welchem sich die Sandmassen oft in einer ausgesprochenen Feinschichtung ablagerten. Für diese Annahme sprechen auch die feingeschichteten Kalkmergel im obersten Teil des sandigen Komplexes und die auffallende Konstanz der lithologischen Ausbildung dieser Ablagerungen in horizontaler Richtung.

Durch Auffüllung dieses Beckens oder Rückzug des Wassers entstehen zum letztenmal Festlandgebiete, auf welchen zahlreiche Landtiere gelebt haben müssen. Offenbar waren die Bedingungen zur Erhaltung dieser Landtiere bedeutend günstiger als dies in den älteren „Festlandphasen“ der Fall war. Auffallend ist jedenfalls der relative Reichtum an Landschnecken und Säugetierresten in den grünen, karbonatarmen Schichten dieser Zone. Die grüne Farbe dieser Sedimente gegenüber den roten und schwärzlichen Färbungen im tieferen Aquitanien gibt einen Hinweis auf etwas andere Entstehungsbedingungen, die wir im Einzelnen noch nicht deuten können. Möglicherweise konnte die Verwitterung weniger intensiv wirken.

## 2. Die burdigale Transgression

Nachdem sich wahrscheinlich schon in der Serie VI marine Einflüsse geltend gemacht haben, treten nun über dieser Serie ausschliesslich marine Sedimente auf. Die marine Fazies kann durch das Vorhandensein von Glaukonit, Foraminiferen und – in den stratigraphisch höheren Niveaux – durch die Muschelsandsteinbänke bewiesen werden. Die auf den Schichtflächen der feinplattigen Kalksandsteine zu beobachtenden Rippelmarken, Schwemmholznester und pflanzenführenden Mergelzüge und vor allem die, hauptsächlich in Verbindung mit den Muschelsandsteinbänken auftretenden, zahlreichen Gerölle wahrscheinlich alpiner Herkunft ergeben das Bild eines strandnahen, seichten Flachmeeres.

Die meisten Gerölle haben einen Durchmesser zwischen 1 und 2 cm. Auffallend und schwierig zu erklären ist das vereinzelte Auftreten von Geröllen bis zu 20 cm Durchmesser. Eine gleiche Transportart wie bei den übrigen Geröllen ist kaum wahrscheinlich. Vielmehr könnte man an eine Verfrachtung durch kleine, schwimmende Landinseln denken. Für diese Auffassung sprechen die zahlreichen Schwemmholzreste in diesen Schichten.

Die Frage nach der Herkunft des Meeres bleibt vorläufig problematisch. Wichtig wäre in diesem Zusammenhang zunächst die Entscheidung der Frage, ob die marine Transgression im Unteren oder Oberen Burdigalien erfolgte. Die Säugetier-

funde aus der Grenzzone Aquitanien/Burdigalien sind typisch für oberstes Aquitanien und unterstes Burdigalien. Die Foraminiferen in der darüber folgenden marinen Molasse sprechen für Burdigalien. Es wäre deshalb naheliegend, die Basis der marinen Molasse als Unteres Burdigalien zu betrachten, vorausgesetzt, dass zwischen der „Unteren Süßwassermolasse“ und der marinen Molasse keine Sedimentationslücke vorhanden ist. Die spärlichen und meist wenig ausgedehnten Aufschlüsse geben keine positiven Anzeichen für einen Hiatus, sie sprechen eher für eine kontinuierliche Sedimentation. Zudem haben wir gesehen, dass sich möglicherweise bereits in der Serie VI (unter den Säugetierfundstellen) marine Einflüsse geltend machen. Der Beweis für das Aquitanienalter dieser Serie VI ist keineswegs erbracht, da ja die Säuger Unteres Burdigalien nicht ausschliessen, sondern sogar eher wahrscheinlicher machen.

Es sind somit verschiedene, wenn auch keineswegs genügend gesicherte Anhaltspunkte dafür vorhanden, dass das Meer unser Gebiet bereits im Unteren Burdigalien erreichte.

Nach den Darstellungen von M. GIGNOUX (1950) wird das Untere Burdigalien im Rhonebecken durch die marinen Sande mit *Scutella paulensis* repräsentiert, welche gegen Norden bis ins Becken von Crest (zwischen Marseille und Lyon) zu verfolgen sind. Erst im Oberen Burdigalien hätte dann das Meer die Schweiz erreicht und die Verbindung mit dem Wiener Becken hergestellt.

Im ausseralpinen Wiener Becken sind sowohl das Aquitanien (zum Teil) wie das Burdigalien in mariner Fazies vorhanden.

Nach M. RICHTER (1948) wird in Südbayern marines Aquitanien durch die oberen Cyrenen- und Promberger Schichten repräsentiert, welche allerdings gegen Südwesten auskeilen.

Aus all diesen Tatsachen geht hervor, dass man für unser Gebiet wohl an eine Herkunft der marinen Transgression von Nordosten, aus dem Wiener Becken, zur Zeit des Unteren Burdigalien denken könnte.

### III. Tektonik

#### A. DER WISTENLACHERBERG

##### 1. Einleitung

Die bisherigen Auffassungen über die Tektonik des Wistenlacherbergs weichen ziemlich stark voneinander ab. H. SCHARDT (1907) schreibt: «C'est en réalité une butte découpée par l'érosion dans des couches de molasse sensiblement horizontales.»

Nach P. ZIMMERMANN (1932) bildet der Wistenlacherberg die Nordflanke einer W-E streichenden Antiklinale zwischen Cudrefin und Sur-le-Mont. Südlich an diese Antiklinale würde zwischen Champmartin und Guévaux eine Synklinale anschliessen.

Dagegen fasst J. KOPP (1935 und 1946) den Wistenlacherberg als eine parallel zum Jura streichende Synklinale auf. Ihre Achse verläuft von Pt. 464 an der Militärstrasse Sugiez-Plan-Châtel über den Muschelsandsteinbruch bei Pt. 626 gegen Sur-la-Ritaz und weist südlich Plan-Châtel eine axiale Depression auf. Auf seiner tektonischen Karte der Molasse der Westschweiz hat J. KOPP (1946) diese Mont-Vully-Synklinale mit einer Längserstreckung von über 15 km dargestellt, begleitet im SE von der Broye-Antiklinale, im NW von der Joressant-Antiklinale. Weiter gegen NW würde die Hagneck-Synklinale, Mörigen-Antiklinale und Jolimont-Synklinale anschliessen.

Auf der geologischen Übersichtskarte des schweizerischen Mittellandes zwischen Solothurn und Moudon von H. M. SCHUPPLI (1950) ist die Mt. Vully-Synklinale nur auf eine Länge von 4 km eingezeichnet.

Durch die Detailkartierung des Gebietes konnten wir den von J. KOPP erkannten Synklijalbau des Berges präzisieren, gleichzeitig aber auch nachweisen, dass neben der schwachen und oft schwierig festzustellenden Verbiegung bisher nicht beachtete, grössere und kleinere Verwerfungen in der Tektonik des Hügels eine bedeutende Rolle spielen (vgl. Figur 1 und Tafel VIII).

## 2. Die Verwerfung von Sur-le-Mont

Die wichtigste nachgewiesene Verwerfung, die wir als Verwerfung von Sur-le-Mont bezeichnen, verläuft N 10° E und teilt den Wistenlacherberg in einen östlichen und einen westlichen Flügel (vgl. Tafel VIII). Der östliche Teil mit der Muschelsandsteinplatte von Plan-Châtel ist gegenüber dem westlichen unter Berücksichtigung des Schichtfallens um mindestens 80 m gehoben. Die Verwerfung ist an zwei Stellen direkt aufgeschlossen und kann zudem durch die stratigraphischen Verhältnisse bewiesen werden. 200 m westlich Pt. 611 (östlich Bois-du-Mont, vgl. Tafel VIII) wird die Oberkante der steilen, bewaldeten Nordseite des Berges durch eine 2–3 m mächtige Muschelsandsteinbank gebildet. Gegen Osten bricht diese Bank plötzlich ab (Koord. 573, 200/201, 500). An dieser Stelle konnte durch Grabungen<sup>2)</sup> die Störungszone auf ca. 5 m Breite freigelegt werden. Ausgequetschte Linsen von Sandsteinen und Mergeln des Aquitanien und Bruchflächen mit Harnissen sind die charakteristischen Merkmale dieser Zone. Die Sprunghöhe kann durch folgende Beobachtungen bestimmt werden:

Westlich der Bruchzone haben wir von oben nach unten die Muschelsandsteinbank auf 595 m, darunter 35 m marine Molasse und auf 560 m die Grenzzone Aquitanien/Burdigalien. Rund 100 m östlich der Bruchzone bei Pt. 611 ist ein normales Aquitanienprofil von 560 bis 595 m aufgeschlossen. Noch weiter östlich, unterhalb der Militärstrasse westlich Signal Plan-Châtel, finden wir den Grenzhorizont Aquitanien/Burdigalien auf 630 m. Dieser Grenzhorizont liegt hier also 70 m höher als westlich der Bruchzone. Berücksichtigt man das ESE-Fallen der Schichten von ca. 2°, so erhält man die schon angegebene Sprunghöhe von mindestens 80 m.

Die südliche Fortsetzung der Verwerfung tritt bei Sur-le-Mont wieder in Erscheinung. Im Keller des leerstehenden Hauses 175 m SW Pt. 583 (Koord. 573, 25/200, 475) stehen stark gestörte Schichten des Aquitanien an. Etwa 10 m weiter westlich ist in einem Wasserstollen der Wasserversorgung Lugnorre auf 570 m der Grenzhorizont Aquitanien/Burdigalien aufgeschlossen. Darüber folgen ganz normal die marinen, burdigalen Kalksandsteine, in welchen auf 600 m die ersten Muschelsandsteinbänke auftreten. Da durch die Verwerfung die Mergel und Sandsteine des Aquitanien neben die marine Molasse und den Muschelsandstein zu liegen kommen (vgl. Tafel VIII) vermutete V. GILLIÉRON (1885), die marine Molasse sei auf eine stark erodierte Oberfläche der „Unteren Süsswassermolasse“ abgelagert worden. Aus dem gleichen Grunde nimmt J. KOPP (1935) die Grenze Aquitanien/Burdigalien bei Sur-le-Mont einige Meter unter dem Muschelsandstein an (bei Plan-Châtel dagegen 40–50 m unter dem Muschelsandstein), und ED. GERBER (1913), der die Verhältnisse bei Plan-Châtel nicht kannte, lässt das Burdigalien analog wie im bernischen Seeland für den ganzen Wistenlacherberg mit dem Muschelsandstein beginnen (vgl. Tabelle 5, S. 189).

<sup>2)</sup> Die Grabungen konnten dank dem Entgegenkommen von Herrn Direktor KELLERHALS durch einen Arbeiter der Anstalt Witzwil ausgeführt werden.

### 3. Übrige Verwerfungen

Verwerfungen mit geringeren Sprunghöhen konnten an verschiedenen weiteren Stellen des Berges festgestellt werden. 500 m östlich Signal Plan-Châtel (Koord. 574, 275/201, 525, vgl. Tafel VIII) beobachteten wir an der Militärstrasse auf 615 m eine Bruchzone mit einer nachweisbaren Verstellung von 15–20 m. Aufgeschlossen sind allerdings nur eine Reihe kleiner Verwerfungen mit Sprunghöhen von 30 cm bis maximal 1 m.

Eine Anzahl weiterer Verwerfungen auf der Nordseite des Wistenlacherberges wurden aus dem Verlauf des Grenzhorizontes Aquitanien/Burdigalien nachgewiesen oder vermutet.

Eine kleinere, dem Hauptbruch von Sur-le-Mont parallele Verwerfungszone kann ferner zwischen Lugnorre und Sur-le-Mont auf Grund von Beobachtungen am Wege Lugnorre–Sur-le-Mont auf 565 m (Koord. 572, 700/200, 300) und in einem kleinen Seitenweg der Strasse Môtier–Lugnorre (200 m östlich des Friedhofes von Lugnorre, Koord. 572, 650/199, 850) vermutet werden.

### 4. Die Mont Vully-Synklinale

Unsere Messungen bestätigen im Prinzip den von J. KOPP (1935) beobachteten Synklinalbau des Berges. Die Synklinalachse verläuft jedoch nicht von Pt. 464 an der Militärstrasse über den Muschelsandstein-Bruch von Pt. 626 nach Sur la Ritaz, sondern vom Signal Plan-Châtel gegen Sur-le-Mont. Eine axiale Depression muss bei Plan-Châtel angenommen werden. Das Axialgefälle gegen Nordosten ist ausgeprägter als das Einfallen der Synklinalschenkel, welches im allgemeinen 2–3° beträgt. Die von J. KOPP angegebenen Fallbeträge von 3–5° für das Einfallen der Synklinalschenkel sind sicher zu hoch, während das von ihm konstatierte Axialgefälle von ca. 3° eher zu klein ist. Der Synklinalboden verbreitert sich von Plan-Châtel gegen SW ziemlich stark. In der Gegend von Sur-le-Mont klingt deshalb die Synklinale aus.

Der Südostschenkel der Synklinale ist durch Messungen an der Militärstrasse Sugiez–Plan-Châtel bis ca. 500 m östlich des Signals sowie im Strasseneinschnitt Nant-dessus bis Pt. 562,5 belegt. Die genaue Vermessung geeigneter Horizonte des Aquitanien ergab in diesem Abschnitt übereinstimmend ein nordwestliches bis west-nordwestliches Einfallen der Schichten von 2–3°.

Auf der Nordseite des Berges bis kurz vor das Signal Plan-Châtel befinden wir uns im Nordwestschenkel der Synklinale, was durch das Einfallen der Schichten mit 2–3° gegen SE bis ESE bewiesen wird.

Wenig zuverlässig sind die Messungen in der marinen Molasse nördlich des Signals, da wir uns hier in der Abrissnische der grossen Vaillet-Sackung befinden. Zudem sind primäre Schrägschichtungen häufig.

Südwestlich und südlich des Signals, in der Gegend oberhalb Vaux de Praz, zeigen die Messungen in den plattigen Kalksandsteinen der Serie VI ein deutlich umlaufendes Streichen, welches durch das Axialgefälle der Synklinale gegen NE bedingt ist.

Im westlichen Teil des Berges können wir dieses umlaufende Streichen ebenfalls, wenn auch weit weniger ausgeprägt, feststellen: Nördlich, bei En Volliveron, ein Ost- bis Ost-südost-Einfallen, das gegen Süden über En Plan, La Fin des Fourches, Sur-le-Mont, la Lombertaz langsam gegen Nordosten abdreht.

Das südwestlich an den Wistenlacherberg anschliessende Hügelgelände weist zum grossen Teil eine Moränenbedeckung auf; die wenigen Molasseaufschlüsse erlauben meist keine zuverlässigen Messungen. Das gilt vor allem für das Gebiet



Joressens–Cudrefin–Montet–Montmagny. Eine einzelne Messung konnte im oberen Teil des durch Pégran fliessenden Baches ausgeführt werden. Die Schichten des Aquitanien fallen an dieser Stelle mit  $6^\circ$  gegen Südosten. Diese isolierte, wenig ins allgemeine Bild passende Messung ist schwer zu deuten. Man könnte vielleicht in Verbindung mit morphologischen Gesichtspunkten an eine Verwerfung im Gebiet Joressens–Lugnorre denken.

An der „ancienne falaise“ des Murtensees und in den diesen Steilabfall durchbrechenden Gräben liegen die Verhältnisse etwas günstiger. Die Messungen zwischen Môtier und Vallamand zeigen immer ein Nordost- bis Nordnordost-Einfallen der Schichten mit  $4\text{--}7^\circ$ . Mit diesen Fallbeträgen müssten wir von Môtier gegen SW rasch in tiefere Schichten des Aquitanien gelangen. Wir kennen keine Anhaltspunkte, die dies bestätigen könnten. Dagegen liegt auf Grund verschiedener Beobachtungen die Vermutung nahe, dass Verwerfungen das Schichtfallen hin und wieder kompensieren.

Im oberen Teil des Grabens von Salavaux, südöstlich Montmagny, fallen die Schichten mit  $3^\circ$  gegen Nordosten. Dieses Einfallen kann, schon ausserhalb unseres Gebietes, bis in die Gegend von Villars-le-Grand beobachtet werden. In diesem Gebiet ist in der Karte von H. M. SCHUPPLI (1950) eine kurze Synklinale eingetragen, welche von J. KOPP (1946) mit der Vully-Synklinale verbunden wird. Diese Verbindung, wie die Verlängerung der Mt. Vully-Synklinale bis ins Gebiet von Estavayer–Montet près Payerne sind hypothetisch. Das gleiche gilt von der die Mt. Vully-Synklinale begleitenden Joressant-Antiklinale und Hagneck-Synklinale, die in unserem Gebiet durch Messungen nicht festzustellen waren.

## B. DIE UMGEBUNG VON MURTEN

In der Südostecke des Siegfried-Blattes Murten konnten in einem Wasserstollen bei Ziegerli, in aquitanen Sandsteinen bei Boulatel und im Aquitanien des tief eingeschnittenen Tales südlich Courgevaux Messungen vorgenommen werden. Sie zeigen übereinstimmend ein Einfallen der aquitanen Schichten von  $4\text{--}6^\circ$  gegen Osten bis Ostnordosten. Dieses Einfallen entspricht dem Westschenkel der in diesem Gebiet NNW–SSE streichenden Freiburgsynklinale (vgl. Figur 1). Ausführlich wird diese Freiburgsynklinale in der Arbeit von H. M. SCHUPPLI (1950) diskutiert.

## Quartär

### I. Historische Einleitung

Die ersten genaueren Beobachtungen über die quartären Bildungen unseres Gebietes stammen von G. DE RAZOUMOWSKY (1789). Alle Kies- und Sandablagerungen um den Murtensee betrachtet er als Aufschüttungen von Flüssen und Bächen, die einst auf einem höheren Niveau in den grösseren See einmündeten. Die Sandablagerungen zwischen Salavaux und Faoug, die Erosionserscheinungen am Fusse des Vully zwischen Vallamand und Guévaux und die Dünenbildungen zwischen Cudrefin und La Sauge schreibt er der Broye zu, die, nach seiner Auffassung, bei Payerne in den damaligen See einmündete. Aus Funden menschlicher Skelette in Kiesablagerungen bei Môtier schliesst er, die Gegend sei schon zur Zeit dieses grossen Sees besiedelt gewesen. Aus dem Grossen Moos führt er Funde von Mauern und Gebäuderesten an, die 12 Fuss unter der Oberfläche in den Alluvionen eingebettet seien. Ferner erwähnt er fossile Baumstämme in SW–NE-Richtung liegend und eisenhaltige Schlammte, die man auch auf dem Grunde und am Südostufer des Murtensees finde.



Aus Funden von subfossilen Eichenstämmen und römischen Altertümern in 5–6 Fuss Tiefe unter den Torfschichten des Grossen Moores schliesst K. KOCH (1816), dass in der Zeit der römischen Herrschaft der Wasserspiegel tiefer lag und das ganze Gebiet stark bebaut und besiedelt gewesen sei. Die Ursache der folgenden Überschwemmung der Gegend im 5. Jahrhundert sieht er in der Stauung des Aarelaufes durch die Aufschüttungen der Emme. W. R. KUTTER (1854) betrachtet als Ursache der Überschwemmung einen Bergsturz beim Pfeidwald am Jensberg, wodurch die Zihl gestaut worden sei. B. STUDER (1825) bemerkt, die tiefe Lage der Eichenstämme im Grossen Moos brauche nicht ein Steigen des Seespiegels zu beweisen, sondern einfach ein weiteres Vorrücken des Moores.

G. RÜSCH (1826) erwähnt die Mineralquelle von Champ-Olivier bei Murten. Es handle sich um ein Stahlwasser mit Gehalt an Eisenoxyd, kohlen saurem Kalk und Soda.

1845 zeichneten A. GUYOT und DE POURTALÈS-GORGIER eine Bodenkarte des Neuenburger- und Murtensees. Das Relief des Neuenburgersees, bestehend aus zwei Längsrinnen mit einer dazwischenliegenden unterseeischen Erhebung schreibt A. GUYOT (1845) einer tertiären Talbildung zu und vermutet, eine lokale Absenkung könnte dann die Ursache der Überschwemmung gewesen sein. Beim Murtensee findet er in den Hauptzügen die gleichen, allerdings viel weniger ausgeprägten Verhältnisse.

C. CULMANN (1858) glaubt, der grosse subjurassische See lasse sich lediglich durch die Stauung der Juragewässer durch Aarealluvionen erklären. G. DE MORTILLET (1863) denkt an eine glaziale Entstehung der Seen. A. C. RAMSAY (1862) erklärt sich die Depression im Seeland durch das mächtige Anschwellen des Nordostarmes des Rhonegletschers infolge Stauung am Aaregletscher. Die Becken und Wannenseen seien im anstehenden Fels durch das Eis ausgekolkt worden. B. STUDER (1864) neigt zur Ansicht, die Becken seien durch Senkungen „entlang der Linien der Talspalten“ entstanden. L. RÜTIMEYER (1869) denkt sich die Seebecken als Flusstalstücke. Durch Stauung der Rhone am werdenden Jura habe sich von Genf bis ins Seeland ein See gebildet, der dann durch Nordsüddislokationen in die verschiedenen Becken getrennt worden sei.

Nach A. FAVRE (1883) bildete sich nach dem Rückzug der Gletscher ein „ancien lac de Soleure“, der von Solothurn bis Payerne reichte und dessen Oberfläche ca. 20 m über dem heutigen Niveau lag.

Auf der Geologischen Karte der Schweiz 1:100000, Blatt XII (1879), sind in unserem Gebiet geschichtetes Quartär, erratisches Quartär und alluviale Bildungen ausgeschieden. Im Text zu dieser Karte von V. GILLIÉRON (1885) sind die verschiedenen Vorkommen beschrieben.

H. SCHARDT (1898) versucht, den Ursprung der Jurarandseen durch die HEIMsche Rücksenkungshypothese zu erklären. Nach SCHARDT wurden die beiden Rinnen des Neuenburgersees von einer alten Zihl und einer alten Mentue durchflossen, die sich nordöstlich der „Motte“ vereinigten, zwischen Vully und Jolimont einen Abfluss in das Grosse Moos fanden und dort in die alte Broye mündeten. Die Absenkung der Alpen im Zusammenhang mit dem Vorrücken der Préalpes- und Chablais-Deckschollen habe die Talböden rückläufig gemacht und die Entstehung eines grossen subjurassischen Sees vom Mormont bis in den Oberaargau bewirkt. Gletscher und Flüsse hätten dann nur noch Detailarbeit geleistet. E. BRÜCKNER (1902) dagegen betrachtet die Becken als Teilwannen des glazialen Rhonezungenbeckens.

Das von V. GILLIÉRON beschriebene Quartär östlich des Murtensees wird von B. AEBERHARDT 1903 als Hochterrassen-, 1907 als Niederterrassenschotter bezeich-

net. Im Hangenden dieser Schotter sei überall Grundmoräne des Rhonegletschers anzutreffen.

Eingehender befasst sich F. NUSSBAUM (1907) mit den verschiedenen Schottervorkommen unseres Gebietes. Er unterscheidet „ältere“ und „jüngere Seelandschotter“ und vermutet, die älteren Seelandschotter seien nach dem Maximum der letzten Eiszeit aufgeschüttet und sodann, mit Ausnahme der randlichen Teile, in einem letzten Vorstoss einer schmalen Gletscherzunge bis Solothurn wieder ausgeräumt worden. Die Moränen über den Schottern seien die Seitenmoränen dieser Gletscherzunge. Die Schotter im Walde von Froideville betrachtet er als „jüngere Seelandschotter“, aufgeschüttet von den Schmelzwässern aus der Gletscherzunge des letzten Vorstosses. Die Schotterterrasse zwischen Murten und Greng sei verschwemmte Moräne. Die Verebnung schreibt er einem postglazialen See zu, der sich auf einem Niveau von 451–453 m von Orbe bis Solothurn erstreckt habe.

In den Beiträgen zur Geologischen Karte der Schweiz, Geotechnische Serie, 4. Lieferung (1907), ist ein Tonlager bei Gourgevaux erwähnt. A. ZELLER, der das Vorkommen untersucht hat, betrachtet die gelben, sandigen Tone als Aufbereitungsprodukt der Molasse durch den diluvialen Rhonegletscher.

H. SCHARDT (1907) berichtet in seiner Notiz über die Geologie des Vully von Moränen zwischen Mur–Lugnorre und Joressant. Aus dem Gebiet zwischen Mur und Môtier erwähnt er in 470–480 m eine fluvioglaziale Ablagerung, die er sich als fluviatile Auffüllung eines glazial gestauten Randsees erklärt.

Die morphologische Arbeit über das westschweizerische Mittelland von E. BÄRTSCHI (1913) enthält neben vielen neuen Beobachtungen eine kritische Übersicht über die bisherigen Forschungen. Grosse Bedeutung schenkt er dem Studium der Terrassen und alten Talböden. Er vermutet, die Terrassen seien zum Teil Abrasionsebenen, die ein interglazialer See im Niveau von wenigstens 460–480 m ins Ufergelände eingeschnitten habe. Im Gegensatz zu H. SCHARDT (1907), der den Bergsturz von En Vaillet der Abrasionstätigkeit eines postglazialen Sees zuschrieb, nimmt BÄRTSCHI an, der Abbruch habe sich ereignet, als das Eis den übersteil gewordenen Hang nicht mehr stützte. Die Hügel südwestlich des Murtensees und bei Ins betrachtet er als Drumlinformen. Eine Rückläufigkeit alter Talböden konnte er nirgends konstatieren. Er glaubt deshalb an eine vorwiegend glaziale Bildung der Seebecken im Verlaufe der verschiedenen Eiszeiten.

Die morphologische Arbeit über den Mont Vully von P. GIRARDIN (1929) enthält keine neuen Daten.

Von K. SCHMID (1930) stammt eine unveröffentlichte geologische Aufnahme des Gebietes südlich und südöstlich des Bielersees im Massstab 1:25000. Die Kartierung erfasst noch den nördlichsten Teil des Blattes Sugiez.

Einige Beobachtungen über das Quartär des Wistenlacherberges finden wir bei P. ZIMMERMANN (1932). Eine dünne Moränenbedeckung sei überall anzutreffen, ohne dass diese Ablagerungen morphologisch in Erscheinung treten. Er erwähnt den schon von R. BEHMER (1912) beschriebenen Agassiz-Block. Ausführlich beschreibt er die von H. SCHARDT (1907) erwähnte fluvioglaziale Ablagerung zwischen Môtier und Lugnorre.

Die Dissertation von M. KIENER (1934) ist ein Versuch, das westschweizerische Mittelland in Flächen zu gliedern. Neue Beobachtungen aus unserem Gebiet sind nicht angeführt.

W. LÜDI (1932 und 1935) verdanken wir die eingehende Untersuchung der Bodenverhältnisse und der Entstehungsgeschichte des Grosse Mooses. Unsere Ausführungen über das Grosse Moos und die Broyetalebene stützen sich weitgehend auf diese Arbeit. Für die früheren Beobachtungen und Arbeiten über dieses Gebiet

(zum Beispiel J. FRÜH und C. SCHRÖTER, 1904; H. SCHARDT, 1901; E. OTT, 1923, und viele andere) verweisen wir ebenfalls auf W. LÜDI.

Zur Frage über das Alter und die Entstehung der Seelandschotter haben wir ausser F. NUSSBAUM (1907) noch die Arbeiten von B. ÄBERHARDT (1903 und 1912) und F. ANTENEN (1914 und 1936) anzuführen. Nach B. ÄBERHARDT (1912) sind die basalen Teile der älteren Seelandschotter fluvioglazial am Ende der Risseiszeit, die mittleren fluvial während der letzten Interglazialzeit und die obersten wieder fluvioglazial zu Beginn der Würmeiszeit aufgeschüttet worden, wobei der mittlere fluviale Abschnitt den Hauptteil der Gesamtaufschüttungen bilde. Dagegen stellt F. ANTENEN (1936) die Hauptaufschüttung der älteren Seelandschotter in die Vorstosszeit der würmeiszeitlichen Vergletscherung. Der kräftiger anschwellende Gletscher habe schliesslich die lateralen Kiesablagerungen überbortet, ihnen seine Grundmoräne aufgesetzt und den vom Gletscher in Beschlag genommenen Boden in zahlreiche, aus Schotterkern und Grundmoränendecke bestehende Esker gegliedert. Die jüngeren Seelandschotter betrachtet er in Übereinstimmung mit allen anderen Autoren als Rückzugsbildungen des Würmgletschers. Die Entstehung der Seebecken sucht ANTENEN auf primär tektonische und sekundär glazialerosive Vorgänge zurückzuführen.

Nach W. STAUB (1938) sind die älteren Seelandschotter als interstadiale Ablagerungen innerhalb der Würmeiszeit zu betrachten. Die Gletscherschwankung falle in die Zeit zwischen der Ablagerung des Endmoränenkranzes von Oberbipp–Wangen und der Endmoräne von Solothurn–Feldbrunnen. Bei dieser Schwankung müsse sich der nördliche Arm des Rhonegletschers bis in die obere Bielerseegegend, der südliche bis über die Murtenseegegend (Faoug und Payerne) zurückgezogen haben. Dabei seien die älteren Seelandschotter abgelagert worden. Der hierauf bis Solothurn vorrückende Gletscher habe die quartären Hügel von Avenches, Murten zu Drumlins umgeformt. Die Schwankung entspreche der von P. BECK (1938) festgestellten Spiezer Schwankung des Aaregletschers.

Das Problem der Seebildung wurde von R. STAUB (1938) noch einmal aufgerollt. Er stellt fest, dass alle bisherigen Theorien nur die Entstehung der Becken und Wannen, nicht aber die Bildung der Seen als solche zu erklären versuchen. STAUB möchte beweisen, dass die Seen sich nur an denjenigen Stellen bilden konnten, wo eine nach dem Rückzug der Gletscher in Becken liegende Toteismasse diese Becken vor der Auffüllung bewahrten. Für einen Teil der Schweizer Seen glaubt er diesen Beweis erbracht zu haben. Auch aus dem Gebiet der jurassischen Seen erwähnt er Formen, die er sich nicht durch einen zusammenhängenden Gletscher erklären kann, wohl aber durch lange persistierende, kleinere Toteismassen. Das Eis sei in der Murtener Talung zufolge der grösseren Entfernung vom Jura eher geschmolzen als die Toteismasse im Neuenburgerseebecken.

Zum Schluss erwähnen wir noch einen Bericht von H. JÄCKLI (1946) an das Eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft über die geologischen Verhältnisse am Broyekanal und eine Untersuchung von W. LÜDI (1946) über die Folgen der Hochwasserkatastrophe im Seeland vom November/Dezember 1944. Die Arbeit von H. JÄCKLI basiert auf Bohrungen von E. OTT, W. LÜDI, der AG. für Grundwasserbauten in Bern und dem Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft. Die Ergebnisse sind in einer Karte 1:10000 und in mehreren Profilen dargestellt.

## II. Diluvium

Ein grosser Teil unseres Gebietes ist von Ablagerungen des eiszeitlichen Rhonegletschers bedeckt. Was wir heute an glazialen Aufschüttungen und Formen beob-

achten können, sind zum grossen Teil Zeugen der letzten Eiszeit. Damals stiess der Rhonegletscher während seiner grössten Ausdehnung bis in die Gegend von Wangen vor und reichte mindestens 300 m höher hinauf als der höchste Punkt unseres Gebietes. In der Morphologie des Wistenlacherberges mit seinem schwachen Anstieg im SW und dem Steilabfall im NE wie in den vielen SW-NE orientierten Einzelformen ist das Vorrücken des Gletschers von SW nach NE deutlich ausgeprägt. Auffallend ist die asymmetrische Form des Wistenlacherberges, auf die schon E. BÄRTSCHI (1913) hingewiesen hat. Im Grundriss erscheint der Berg wie eine SW-NE orientierte Ellipse, deren nördlicher Quadrant in W-E-Richtung zum Teil abgetragen ist, was vielleicht auf die seitliche Erosionswirkung der aus dem Gebiet des Neuenburgersees lokal in östlicher Richtung durch das Grosse Moos vorrückenden Eismassen zurückzuführen ist. Durch diese Erosion würde sich auch der heutige Steilabfall des Berges im Norden wie das Vorhandensein der grossen Sackungen und Rutschungen erklären.

Im Kleinen hat die glaziale Erosion vor allem in das im SW an den Wistenlacherberg anschliessende Hügelgelände Rippen und Tälchen aus der Molasse herauspräpariert, auf welchen nach dem Schmelzen des Eises der Gletscherschutt in wechselnder Mächtigkeit liegenblieb. In den Tälchen bildeten sich dann meist Sümpfe, die heute zum grössten Teil drainiert sind. Solche ehemalige Sümpfe beobachteten wir nördlich von Mur zwischen den von sandiger Grundmoräne bedeckten Molasserippen Long-Bois und La Mottaz und bei Les Pâquis, ferner zwischen dem als Drumlin mit Molassekern zu deutenden Bois de la Lour und der Rippe von Sur-la-Croix.

Die am Wistenlacherberg auftretenden Grundmoränen sind meist wenig mächtig und infolge des vom Untergrund aufgearbeiteten Materials durchwegs stark sandig. Die Unterscheidung zwischen Grundmoräne und Verwitterungsbildungen der Molasse ist deshalb oft schwierig. So ist die von P. ZIMMERMANN (1932) unterhalb Sur-le-Mont als Grundmoräne aufgefasste Ablagerung nichts anderes als verrutschter Muschelsandstein in sandigen, zum Teil ebenfalls verrutschten Verwitterungsbildungen der Molasse.

Schwache Grundmoränenbedeckung weisen vor allem die in verschiedenen Höhenlagen vorhandenen Terrassen und Gehängeleisten sowie die Hochflächen des Berges auf. Ein Aufschluss an der Militärstrasse Sugiez-Plan-Châtel auf 565 m zeigt Grundmoränenmaterial in kleinen, trogförmigen Rinnen und Spalten im Knauersandstein.

Grössere erratische Blöcke sind heute selten anzutreffen. Wir haben den geschützten Agassiz-Block bei Pt. 603.5 oberhalb Bois-du-Mont (Koord. 572, 400/201, 250) zu erwähnen. Dieser mächtige Augengneisblock, früher „Palet roulant“ genannt, ist in den Arbeiten von H. SCHARDT (1907), R. BEHMER (1912) und P. ZIMMERMANN (1932) beschrieben worden.

Ein vereinzelt Schottervorkommen am Wistenlacherberg ist oberhalb Les Côtes-de-Fischilling zwischen Môtier und Mur zu beobachten. In der historischen Einleitung haben wir bereits auf die Deutung dieser Ablagerung durch H. SCHARDT (1907) und P. ZIMMERMANN (1932) hingewiesen.

Ausgedehnte Schotterablagerungen finden wir in der Umgebung von Murten und bei Ins. In der Einleitung haben wir die verschiedenen Auffassungen über die Entstehung und zeitliche Eingliederung dieser Seelandschotter bereits erwähnt.

Auf Grund der Beobachtungen an den Aufschlüssen unseres Gebietes möchten wir uns der Auffassung von W. STAUB (1938) anschliessen, welcher die älteren Seelandschotter als interstadiale Bildungen innerhalb der Würmeiszeit betrachtet (siehe S. 205). Südlich Faoug zeigt eine grosse Kiesgrube bei Pt. 444 (Koord. 571,



400/194, 0) ein Querprofil des Hügels Bois-de-Rosset. Unterhalb der Kammlinie des Hügels beobachtet man von oben nach unten:

- 8 m sandige Moräne mit vielen gekritzten Geschieben. Auf der rechten Seite ist ein Block von etwa 1 m Durchmesser eingelagert. Im untern Teil der Moräne treten wenig mächtige Lehmhorizonte auf, die als Wasserstauer Anlass zu Quellenbildungen geben.
- 3 m Sand mit Geröllschnüren und Schotternestern. Der Sand ist zum Teil fein geschichtet und weist an einer Stelle ein richtiges Bruchsystem mit Verstellungen von 1 bis 10 cm auf. Die Sandbank keilt nach rechts aus und wird durch Kies ersetzt.
- 30 cm toniger Lehm mit gewellten, glänzenden Flächen.
- 20 cm Sand.
- 40 cm Lehm.
- 1 m Moräne, die nach rechts an Mächtigkeit rasch zunimmt (bis 3,5 m) und stellenweise grauschwarz verfärbt ist.
- 7 m Schotter, der links sehr grob, rechts feiner und von zahlreichen Sandschmitzen durchsetzt ist. Recht häufig sind kleinere und grössere Tongerölle. In einem solchen Geröll fanden wir sehr gut erhaltene Blattabdrücke.

Das Profil ist typisch für viele Schotterablagerungen im Gebiet von Murten: Schotter und Sand in sehr unruhiger Lagerung, mit raschen vertikalen und horizontalen Übergängen und eingelagertem Moränenmaterial. Die Wechsellagerung von Moränen und Schottern beweist, dass hier Auffüllungen frei gewordener Uferräume des vorübergehend abschmelzenden Rhonegletschers vorliegen. Es handelt sich demnach bei diesen Ablagerungen um richtige Ufersander, wobei besonders in den gletschernahen Randteilen relativ geringe Schwankungen des Gletscherrandes zu der Wechsellagerung von Schotter und Moräne führten.

Je weiter wir uns von diesem Gletscherrand entfernen, um so eindeutiger wird der fluvioglaziale Charakter der Ablagerungen. So weisen die Schotteraufschlüsse bei Clavaleyres eine viel ruhigere Lagerung auf. Zwischengelagerte Moränenpakete konnten nirgends beobachtet werden.

Nach F. NUSSBAUM (1907) gehören die Schotter im Forêt de Froideville zu den jüngeren Seelandschottern (abgelagert beim endgültigen Rückzug des wärmezeitlichen Rhonegletschers), ebenso das südwestlich Murten gelegene Schotterfeld, welches NUSSBAUM als verschwemmte Moräne betrachtet. Bei der Einebnung und Umlagerung des Moränenmaterials soll der postglaziale, subjurassische See eine Rolle gespielt haben. Auffallend ist in den Aufschlüssen des Schotterfeldes das Vorhandensein stark verwitterter Gerölle.

Die Hügel südwestlich des Murtensees bilden eine richtige Drumlinlandschaft. Die Breite der Drumlins schwankt zwischen  $\frac{1}{2}$  und  $\frac{1}{3}$  ihrer Länge. Ihre Höhen betragen 20–50 m. Hauptsächlich aus Schotter bestehende Kerne haben wir in den Hügeln Bois-de-Rosset und Bois-de-Mottex festgestellt. Molasse und stark untergeordnet auch Schotter sind in den Drumlinkernen des Grand-Bois-Dominge, Petit-Bois-Dominge, Champ-de-la-Vigne und Derrière-la-Ville zu vermuten.

Grössere erratische Blöcke sind auch auf der Murtenseite heute selten anzutreffen. Während meiner Aufnahmen wurde ein grosser Granitblock auf der Südseite des Hügels Grand-Bois-Dominge ausgegraben. Südlich Clavaleyres bei Prés-Maréchat liegt ein grösserer Vallorcinekonglomerat-Block.

Die Schottervorkommen bei Ins werden zu den älteren Seelandschottern gerechnet. Für die Beschreibung und Deutung dieser Ablagerungen verweisen wir auf die Arbeiten von H. SCHARDT (1901), F. NUSSBAUM (1907) und W. STAUB (1938). Auffallend ist in den mächtigen fluvioglazialen Schottern der grosse Anteil an Jura-material. Das Vorhandensein von grossen, eckigen Blöcken innerhalb der Schotter deutet auf Ablagerung in Gletschernähe. Die über den Schottern folgenden, feingeschichteten Sande, Lehme und Tone könnten als glaziallimnische Ablagerungen



gedeutet werden. Auf der stark erodierten Oberfläche dieser Bildungen folgt dann die Moräne.

### III. Alluvium

#### A. DAS GROSSE MOOS UND DIE BROYETALEBENE

Die weitaus mächtigsten alluvialen Ablagerungen unseres Gebietes liegen im Grossen Moos und im südwestlich an den Murtensee anschliessenden Broyetal. W. LÜDI (1935) verdanken wir eine ausführliche Darstellung der Entstehungsgeschichte dieser Ablagerungen. In Tabelle 7 haben wir die wichtigsten Punkte dieser Geschichte, soweit sie unser Gebiet betreffen, zusammengestellt. Zu dieser Tabelle haben wir noch folgendes zu bemerken:

Nach dem endgültigen Rückzug des würmeiszeitlichen Rhonegletschers bildete sich zwischen Solothurn und La Sarraz ein ca. 100 km langer und 15 km breiter subjurassischer See, dessen Spiegel rund 20 m höher lag als derjenige des heutigen Murtensees (448–451 m). Die Zuflüsse, in unserem Gebiet vor allem die Aare und die Orbe, schütteten in ihren Mündungsgebieten grosse Schuttkegel auf. Die Brandungswellen des Sees schufen die Falaise zwischen Vallamand und Guévaux und gaben wahrscheinlich auch Anlass zu manchen Rutschungen in den Uferhängen des Wistenlacherberges.

Die weitere Geschichte geht im einzelnen aus Tabelle 7 hervor. Interessant ist der alte Aarelauf durch das Grosse Moos in den Neuenburgersee. Das heute noch gut sichtbare, ehemalige Flussbett zieht sich in grossen Windungen von Treiten und Müntschemier nach Sugiez und von hier ungefähr der heutigen Broye entlang gegen La Sauge. In unser Gebiet fällt noch ein Teil der grossen Schleife von Bellechasse.

Die Landgewinnung gegen den Neuenburgersee (und Murtensee) wurde auf dem Umweg über Lagunenbildungen ermöglicht. Die Lagunenbildung haben wir uns nach W. LÜDI folgendermassen vorzustellen: Die Aare lagerte in ihrem Mündungsbereich je nach Wasserführung wechselnde, aber immer gewaltige Mengen von Sand ab. Dieser Sand wurde von den Wellen längs des Ufers weitertransportiert und von Wellen und Wind zu Strandwällen (Dünen) aufgeschüttet. Diese Dünen erhöhten sich im Laufe der Zeit, da die Vegetation den bei tiefem Wasserstand am Strand ausgeblasenen Sand festhielt. Durch das stete Vorschieben des Sandfeldes im Mündungsbereich der Aare konnte sich bei relativ niedrigem Wasserstand die Anlage für eine neue Düne bilden, welche bei stärkerer Materialzufuhr – die normalerweise mit einer Erhöhung des Wasserspiegels verbunden war – rasch zu einem grösseren Wall aufgebaut wurde und zwischen sich und dem älteren Strandwall eine Lagune einschloss. In dieser Lagune wurde dann bei hohem Wasserstande noch Mergel abgelagert, bis die Wasservegetation Fuss fassen konnte und damit die völlige Verlandung herbeiführte. Als normale Sedimentationsfolge findet man deshalb in den Lagunen von unten nach oben: Sand, Mergel (Seekreide), Gyttja, Torf.

Diese ehemaligen Strandwälle oder deren Überreste können heute noch deutlich als mehr oder weniger ausgedehnte helle Streifen und Flecken im sonst schwarzen Moos beobachtet werden.

#### B. FELSSTÜRZE, SACKUNGEN, RUTSCHUNGEN UND SCHLIPFE

Grosse Sackungen und Felsstürze beobachtet man auf der Nordseite des Wistenlacherberges. Der ca. 500 m lange und 50 m hohe Steilhang nördlich des

Tabelle 7  
*Schematische Darstellung der Entstehungsgeschichte des Grossen Mooses in der Postglazialzeit*  
 (Zusammengestellt nach der Arbeit von W. LÜDI [1935])

Kulturperioden	Waldzeiten	
Nachrömische Zeit	Fichtenzeit	Juragewässerkorrektion (1868–1880) Langsames Ansteigen des Seespiegels mit steigender Häufigkeit von kurzfristigen Überschwemmungen (Stauung der Zühl durch den vordringenden Aareschuttkegel)
Römerzeit		Absenkung des Wasserspiegels; die Aare verlässt endgültig ihren Weg durch das Grosse Moos
La-Tène-Zeit	Frühe Fichtenzeit	Letzte grosse Überschwemmung; vorübergehende Wiederkehr der Aare ins Grosse Moos; Absatz einer Lehmschicht in nächster Nähe des verlandeten Aarelaufes; Torfbildung im ganzen Moos; die Seedüne wird wieder abgetragen und wandert über den bronzezeitlichen Torf gegen die Witzwilerdüne, mit welcher sie sich zu einem breiten Sandfeld vereintigt
Hallstatt-Zeit		Ansteigen des Wasserspiegels
Bronzezeit	Buchenzeit	Ausgeprägter Tiefstand (mindestens 1,5 m tiefer als heute); Aufgabe des Aarelaufes durch das Grosse Moos, bisheriges Bett verlandet; Verlandung der Lagune zwischen Seedüne und Witzwilerdüne (mit Torfbildung); Bewaldung des Mooses, vorwiegend mit Eichen; Zersetzung des Torfes durch Austrocknung und Bewaldung, Bildung von schwarzem Lehm auf Mergel und Lehm
	Tannenzeit	Überschwemmung; Lehmlagerungen, schwache Torfbildung; Anlage der Seedüne Tiefstand; ältestes Pfahlbauneolithikum (ca. 3000 v. Chr.)
Neolithikum	Eichenmischwaldzeit	Seehochstand (wahrscheinlich klimatisch bedingt); Aufschüttung der Witzwilerdüne; Lehmlagerungen im grössten Teil des Mooses, darüber Torfbildung von meist weniger als 50 cm Mächtigkeit; Mulde zwischen Witzwilerdüne und Nusshofdüne beginnt zu verlanden Wassertiefstand Absenkung; Neubelebung des Torfwachstums infolge der vorhergehenden Überschwemmung
Mesolithikum	Haselzeit	Anzeichen für eine Überschwemmung; Überschwemmungsschichten im mittleren Teil des Mooses Langsame Absenkung; Torfbildung setzt wieder ein; in der Haselzeit vorwiegend trockene Moosoberfläche
	Föhrenzeit	Überschwemmung (Rückkehr der Aare in das Grosse Moos); Ablagerung von Sand und Mergel; Bildung der Nusshofdüne; in den Randgebieten des Mooses geht die Torfbildung weiter
Paläolithikum	Birkenzeit	1. Wassertiefstand; ausgedehnte Torfbildung über den Mergeln und Sanden der Auffüllung Langsame Absenkung des subjurassischen Sees durch Erosion der Endmoränen bei Solothurn; Auffüllung des Grossen Mooses durch die Aare bis zu einer Linie, die von Gampelen mit einer grossen, gegen Osten gerichteten Ausbuchtung gegen Sugiez zieht; Bildung der Islerenholzli-, Dählsandhubel- und Rondidünen; Auffüllung des Broyetales bis zum heutigen Murtensee (Dünenbildungen)

Signals Plan-Châtel ist die Abrissnische der Vailletsackung. En Vaillet heisst die durch Sackung bedingte, unmittelbar an die Abrissnische anschliessende Terrasse auf 600 m. Mit ihren Wiesen, Sümpfen und Obstbäumen bildet diese Terrasse einen scharfen Kontrast zu der sonst recht dicht mit Bäumen und Unterholz bewachsenen steilen Nordseite des Berges. An der Vorderkante der Terrasse findet man zahlreiche Blöcke von Muschelsandstein und mariner Molasse. Im Abfall gegen das grosse Moos sind grosse, abgesackte Molassepakete im Schichtverband erhalten geblieben. Der grösste Teil des Schuttes liegt wohl unter den Alluvionen des Grossen Mooses begraben. Die Sackung ist vermutlich in oder doch unmittelbar nach der Eiszeit erfolgt (vgl. H. SCHARDT, 1907; E. BÄRTSCHI, 1913). Jüngere Rutschungen und Sackungen sind innerhalb dieses Sackungs- und Felssturzgebietes häufig.

Eine kleinere, der eben besprochenen durchaus analoge Sackung erfolgte östlich Creux Pissiaux (Koord. 573, 150/201, 650). Auch hier liegt die Abrissnische in der Grenzzone Aquitanien/Burdigalien. Die Sackungsterrasse befindet sich auf 510 m.

An manchen Stellen verursachte die stärkere Verwitterung der weichen Sandsteine und Mergel des Aquitanien ein Nachstürzen der härteren marinen Molasse.

Häufig beobachtet man an Steilhängen Rutschungen und Schlipfe, die nur den Verwitterungs- und Gehängeschutt erfassen. Sie erfolgen ganz allgemein bei einer intensiven Wasserführung am Kontakt gegen die Molasseschichten. Das Wasser kann von langandauernden Niederschlägen oder aus der Molasse selbst herkommen.

Grössere und kleinere Rutschungs- und Schlipfgebiete treffen wir auch in den Bacheinschnitten, wobei die unterschiedliche Erosion von Sandsteinen und Mergeln eine wichtige Rolle spielt.

#### C. SCHUTTKEGEL

Von den zahlreichen Schuttkegeln unseres Gebietes ist bei Greng (südwestlich Murten) der schöne Schwemmkegelvorbau in den Murtensee hinaus der auffallendste. Die Grösse des Schuttkegels spricht für einen alten Chandonlauf durch die Depression von Clavaleyres. Heute ist dieses Tälchen zum Torso geworden. F. NUSSBAUM (1907) sieht im Bau dieses Schuttkegels einen Beweis für die Existenz des postglazialen, grossen Jurarandsees mit einem Seespiegelniveau in 451 bis 453 m.

#### D. GEHÄNGELEHM, GEHÄNGESCHUTT UND VERWITTERUNGSBILDUNGEN

Der Abfall des Wistenlacherberges gegen den Murtensee besteht aus mehr oder weniger ausgedehnten Stufen von Sandsteinbänken mit dazwischenliegenden, schwächer geneigten Hängen, die oft eine ziemlich mächtige Bedeckung von zum Teil verrutschten Verwitterungsbildungen und Gehängeschutt aufweisen. Auf diesen Hängen sind die Rebberge angelegt. – Ausgedehnte Gehängeschuttbildungen treffen wir ferner am Fusse rings um den Wistenlacherberg wie am Molassesteilabfall auf der Nordwestseite des Murtensees.

Bei Boulatel und En Milafin südlich Courgevaux wie auch südwestlich Faoug bei Pont-du-Chandon finden sich heute aufgelassene Lehmgruben. Bei den Vorkommen bei Courgevaux handelt es sich um glazial aufgearbeitetes Material der Molasse. Das Vorkommen bei Faoug verdankt seine Entstehung Überschwemmungen des Murtensees im Bereich der Chandonmündung.

#### E. TORF

Auf die Torflager im Grossen Moos und in der Broyetalebene haben wir bereits hingewiesen. Abgebaut wird der Torf vor allem im Marais de Cudrefin nordwestlich

Cudrefin und zwischen Gampelen und Ins. An diesen Stellen konnte sich der Torf im Schutze von Strandwällen über grosse Zeiträume hinweg ungestört bilden.

Die Torfschichten in der Broyetalebene sind meist wenig mächtig und stark verunreinigt, so dass sich ein Abbau nicht lohnt.

Kleinere Torfvorkommen liegen bei Prés-du-Village südwestlich Faoug, im Marais de Clavaleyres und unter den Sand- und Lehmlagerungen im Tal zwischen Greng und Clavaleyres. Das zuletzt aufgeführte Vorkommen wurde während der Drainagearbeiten im Jahre 1942 vorübergehend abgebaut.

## F. QUELLEN

Für viele Wasserversorgungen wird das Wasser in mehr oder weniger langen Stollen in der Molasse gefasst. Das Wasser dringt durch die in den Sandsteinbänken vorhandenen Klüfte so lange in die Tiefe, bis es eine wasserundurchlässige Schicht (meist Mergel) erreicht. Auf dieser Schicht bilden sich kleinere und grössere Wasseradern, deren Fliessrichtung durch den Verlauf der Klüfte und das Schichtenfallen bestimmt ist. Mit Hilfe von Stollen wird versucht, eine möglichst grosse Zahl solcher Wasseradern zu fassen.

Figur 8 zeigt schematisch die Anlage eines solchen Stollens für die Wasserversorgung der freiburgischen Strafanstalt Bellechasse am Nordabhang des Wistenlacherberges auf 555 m (Koord. 573, 200/201, 625). Der tiefere Stollen verläuft in trockenem Sandstein. Wohl werden einige Klüfte geschnitten; diese sind aber ohne Wasserführung, weil sie gegen oben durch eine Mergelzone abgedichtet werden. Man hat deshalb diese Mergelzone durchgraben und ist dann am Kontakt gegen den oberen Sandsteinkomplex auf die in der Figur dargestellte, breite, wasserführende Kluft gestossen. Durch das Weitergraben senkrecht zu dieser Klufttrichtung konnten weitere Wasseradern gefasst werden. Die Klüfte streichen in west-östlicher Richtung. Die Schichten fallen schwach gegen E bis ENE. Die Wasseraustritte waren deshalb an der westlichen Stollenwand zu erwarten, was auch tatsächlich der Fall ist.

Der eben besprochene Stollen ist in der Grenzzone Aquitanien/Burdigalien angelegt. Als stratigraphisch höchste, wasserundurchlässige Schicht ist der Grenzhorizont gleichzeitig der wichtigste Wasserhorizont des Wistenlacherberges, da die darüber folgenden, von zahlreichen Klüften durchsetzten marinen Kalksandsteine mit den Muschelsandsteinbänken einen grossen Teil der Bergesoberfläche einnehmen. Man findet deshalb in dieser Zone noch eine Reihe weiterer Fassungen, die alle einen sehr guten und wenig schwankenden Ertrag liefern.

Recht aufschlussreich für die Quellengeologie des Wistenlacherberges waren die von der Gemeinde Lugnorre in den letzten Jahren ausgeführten Wassergrabungen. Ein alter Stollen ist bei Sur-le-Mont unmittelbar neben der Verwerfung von Sur-le-Mont in der Grenzzone Aquitanien/Burdigalien angelegt. Der konstante Ertrag aus drei Klüften beträgt ca. 60 l/min. Die Klüfte streichen W-E und fallen im allgemeinen steil gegen Süden. Die Schichten fallen mit 3° gegen NE bis ENE. Der erste Abschnitt des Stollens von 18 m Länge verläuft in nordwestlicher, der zweite Abschnitt von 13 m Länge in nordöstlicher Richtung.

Der steigende Wasserbedarf veranlasste die Gemeinde Lugnorre, nach neuen Quellen zu suchen. Die einfachste Lösung würde eine Verlängerung des ersten Abschnittes des alten Stollens in nördlicher Richtung gebracht haben. Mit ziemlicher Sicherheit hätte man auf diese Weise rasch weitere, wasserführende Klüfte geschnitten.



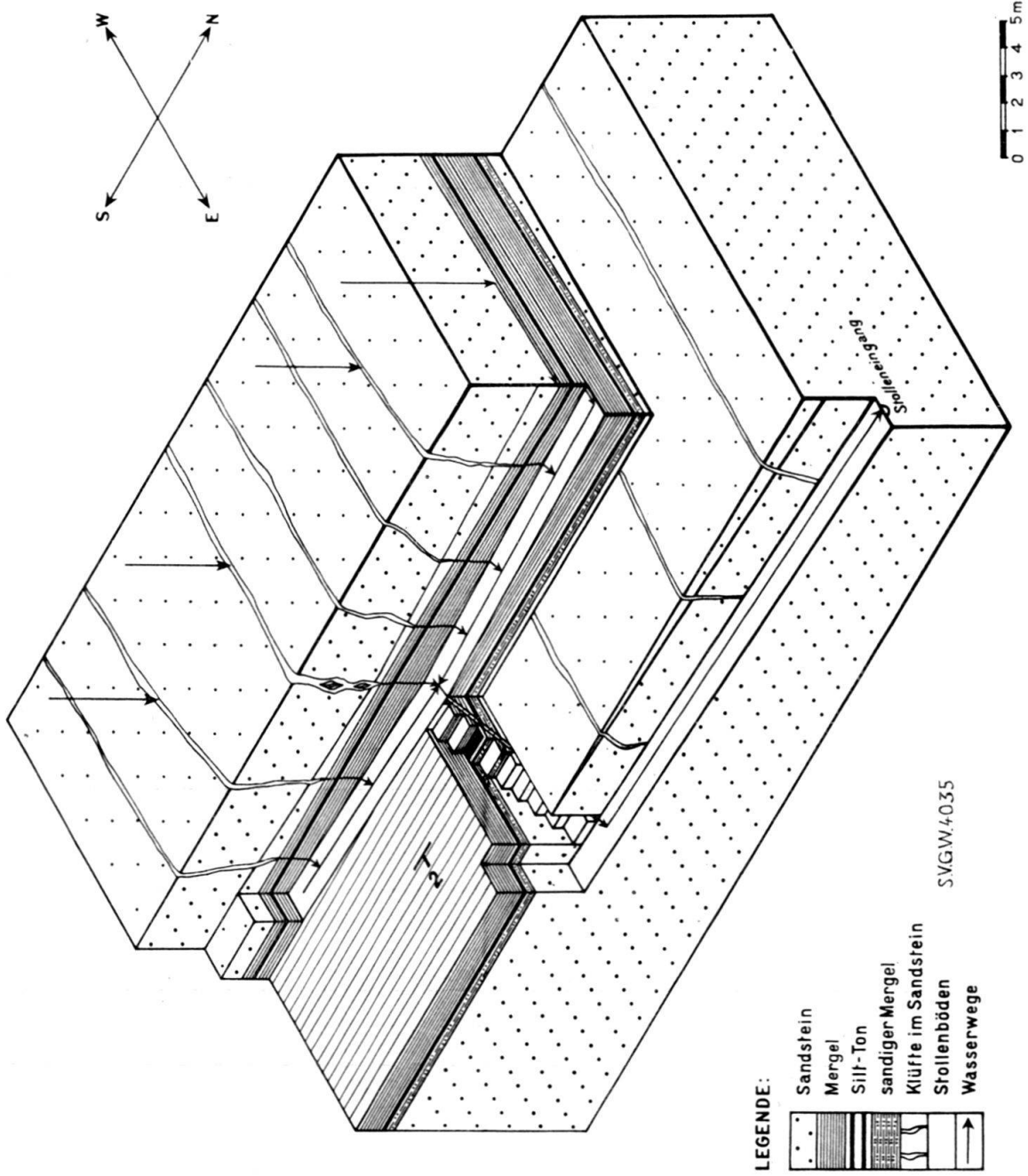


Fig. 8. Blockdiagramm der „Captage F“ (Wasserversorgung der Anstalt Bellechasse) auf der Nordseite des Wistenlacherberges (555 m ü. M.).



Statt dessen wurde 300 m weiter westlich an der Basis der Serie VI ein neuer Stollen von 41 m Länge in nördlicher und anschliessend ein Stollen von 30 m Länge in östlicher Richtung gegraben. Der Erfolg dieser Grabungen war negativ. Das wenige, zuerst angetroffene Wasser ging durch Sprengungen noch verloren, so dass die ganze Anlage heute wertlos ist.

Ebenso erfolglos waren Grabungen bei La Fin des Fourches dicht unterhalb der Mergelgrenzzone Aquitanien/Burdigalien und ein Weitervortreiben des alten Stollens im allgemeinen Streichen der Klüfte.

Dagegen war die letzte Grabung ca. 200 m westlich des alten Stollens und im gleichen stratigraphischen Niveau von Erfolg begleitet, was auch nicht anders zu erwarten war.

Neben den Molassequellen, die mit Hilfe von Stollen oder Sodbrunnen gefasst sind, spielen in der Umgebung von Murten die Schotterquellen eine wichtige Rolle. Am Steilabfall des Schotterfeldes südwestlich Murten gegen den Murtensee treten eine ganze Reihe solcher Quellen zutage. Oft ist das Grundwasser in den Schottern durch Sodbrunnen gefasst. Grössere, zusammenhängende Grundwasservorkommen können infolge der unruhigen Lagerung der Schotter mit dazwischenliegenden Moränen kaum erwartet werden.

Recht häufig, wenn auch von geringer praktischer Bedeutung, sind die Quellen aus der sandigen Grundmoränenbedeckung und aus dem Schutt der Sackungs- und Schlipfgebiete.

### Zusammenfassung

Die Molasseserie des untersuchten Gebietes beginnt mit max.  $x + 180$  m mächtigen Ablagerungen der „Unteren Süsswassermolasse“. Darüber folgen die Sedimente der „Oberen Meeresmolasse“, welche in den höchsten Erhebungen unseres Gebietes (Plan-Châtel, Sur-le-Mont, Bois de Bouley) aufgeschlossen sind.

Im Kapitel über die Lithologie der Sedimente wurde darauf hingewiesen, dass die Profilbeschreibungen mit Hilfe der üblichen, qualitativ definierten lithologischen Bezeichnungen oft recht willkürlich und subjektiv ausfallen. Durch sedimentpetrographische Untersuchungen wurden deshalb zunächst die vorkommenden Sedimente auf Grund bestimmter Mengenverhältnisse von Karbonat, Sand (= Fraktion  $> 0,06$  mm) und Silt-Ton (= Fraktion  $< 0,06$  mm) in quantitativ definierte Typen eingeteilt (vgl. Tabelle 1, S. 175, und Figur 4).

Diese Untersuchungen ermöglichten eine objektive Darstellung der Molasse-schichtfolge und – in Verbindung mit der Fossilführung – einige Aussagen über die Fazies und Entstehung der Sedimente.

Für die Ablagerungen der „Unteren Süsswassermolasse“ müssen wir eine vorwiegend terrestrische Bildungsweise annehmen. Die Analyse der Profile in vertikaler Richtung ergibt eine zyklische Sedimentation. Die Entstehung der einzelnen Zyklen kann man sich folgendermassen vorstellen: In einer ersten Phase führt eine intensive Sedimentation, möglicherweise bedingt durch eine Absenkung des Molassetroges, lokal zur Aufschüttung mehr oder weniger mächtiger, relativ grobkörniger Sandmassen. Die Abwesenheit einer Schichtung spricht gegen eine Ablagerung in einem grösseren Wasserbecken. – In einer Übergangsphase wird die Sedimentation zeitweise und lokal unterbrochen. Stellenweise liegen die Sandmassen trocken und sind der Verwitterung ausgesetzt. Landtiere und Landpflanzen können sich auf diesen Festlandgebieten ansiedeln. Durch Verwitterungsvorgänge entstehen die in den aquitanen Profilen auffallenden, intensiv gefärbten, karbonatarmen bis karbonatfreien Sedimente, in welchen – wenn auch infolge der Zerstörung

durch die Verwitterung recht selten – die Reste von Landtieren (Heliciden und Säugetiere) auftreten. Am günstigsten sind die Erhaltungsbedingungen für die Landorganismen bei einer Einschwemmung in kleine Mulden und rascher Einbettung in das vorwiegend tonige Verwitterungsmaterial der Festlandsgebiete. Es ist möglich, dass in dieser Phase durch Umsetzungen zirkulierender Bodenwässer die „Knauer“ der Sandsteine gebildet wurden. – In einer Schlussphase und gleichzeitig Vorbereitungsphase für den nächsten Zyklus gelangen dann hauptsächlich Mergel (zum Teil in Tümpeln und kleineren Wasserbecken) zum Absatz. – Der neue Zyklus beginnt wiederum mit einer Grobsandschüttung, wobei die Mergel des vorhergehenden Zyklus stellenweise stark erodiert und zum Teil aufgearbeitet werden.

Die charakteristischen lateralen Wechsel in der lithologischen Ausbildung lassen sich dadurch erklären, dass bei terrestrischen Sedimentationsbedingungen die einzelnen Phasen bis zu einem gewissen Grade nebeneinander verlaufen können.

In einem Profil auf der Nordseite des Wistenlacherberges konnten 6 Zyklen festgestellt werden. Im stratigraphisch höchsten Zyklus (Serie VI), der, im Gegensatz zu den andern Zyklen, sowohl am Wistenlacherberg wie auch in der Umgebung von Murten in immer gleicher lithologischer Ausbildung vorhanden ist, scheint sich bereits die marine, burdigale Transgression anzukündigen. Möglicherweise machen sich im sandigen Teil dieser Serie bereits marine Einflüsse geltend. – In der die Serie abschliessenden Mergelzone trifft man in vorwiegend grünen, karbonatarmen Sedimenten zahlreiche Heliciden (*Cepaea subglobosa* GRATELOUP). Eine Säugerfauna mit *Cricetodon infralactorensis*, *Prolagus vasconiensis* und *Lagopsis Cadeoti* spricht für Oberes Aquitanien oder Unteres Burdigalien. Aus praktischen Gründen haben wir bei der Kartierung diese Zone als Grenze Aquitanien/Burdigalien angenommen. Möglicherweise ist aber bereits die Serie VI zum Burdigalien zu rechnen, und zwar in diesem Falle zum Unteren Burdigalien.

Nach dieser letzten, durch Fossilien und den petrographischen Charakter der Sedimente belegten Festlandphase folgt dann der Einbruch des burdigalen Meeres. In unserem Gebiet handelt es sich um ein seichtes Flachmeer. Verschiedene, wenn auch keineswegs gesicherte Anhaltspunkte sprechen dafür, dass dieses Meer unser Gebiet schon im Unteren Burdigalien vom Wiener Becken her erreichte.

Die Ablagerungen bestehen zur Hauptsache aus Glaukonit- und Foraminiferen-führenden, gutgeschichteten Kalksandsteinen. 25–30 m über der Basis dieser marinen Molasse treten die ersten Muschelsandsteinbänke auf. Eine Foraminiferenfauna mit *Cibicides lobatulus* (W. & J.), zahlreichen Elphidien in Verbindung mit *Nonion commune* (D'ORB.) spricht für das Burdigalien-Alter der marinen Molasse.

Tektonisch bildet der Wistenlacherberg eine sehr flache Synklinale. Ihre Achse verläuft von Plan-Châtel gegen Sur-le-Mont und weist bei Plan-Châtel eine Depression auf. Bei Sur-le-Mont klingt die Synklinale aus. – Eine wichtige Rolle spielen in der Tektonik des Berges die Verwerfungen. Der von uns als Verwerfung von Sur-le-Mont bezeichnete Bruch streicht von Sur-le-Mont gegen Norden. Der Ostflügel der Verwerfung ist gegenüber dem Westflügel um mindestens 80 m gehoben. – Weitere Verwerfungen mit geringeren Sprunghöhen konnten ausserdem noch an verschiedenen Stellen des Berges nachgewiesen werden. – Die Umgebung von Murten gehört tektonisch zur Westflanke der Freiburg-Synklinale.

Die glazialen Ablagerungen des Gebietes gehören dem würmeiszeitlichen Rhonegletscher an. Dieser reichte zur Zeit seiner grössten Ausdehnung

bis Wangen mindestens 300 m höher hinauf als der höchste Punkt unseres Gebietes. Vorübergehend zog sich dann der Gletscher zurück. Der Nordwestarm reichte noch bis in die obere Bielerseegegend, der Südostarm bis in die Gegend von Avenches-Faoug. In dieser Zeit wurden die sog. „älteren Seelandschotter“ südöstlich des Murtensees und bei Ins als Ufersander der Gletscherarme aufgeschüttet. Relativ kleine Schwankungen des Gletscherrandes führten zu Wechsellagerungen von Moräne und Schottern. Die über den Schottern oft zu beobachtenden, feingeschichteten Sande und Mergel sprechen für die Bildung eines interstadialen Sees. In einem letzten Vorstoss des Rhonegletschers wurden diese Ablagerungen zum Teil stark erodiert und das Moränenmaterial abgelagert. – Beim endgültigen Rückzug des Gletschers wurden die „jüngeren Seelandschotter“ aufgeschüttet. Zwischen den Endmoränen bei Solothurn und dem Mormont bildete sich ein grosser subjurasischer See, dessen Spiegel auf 448–451 m lag. Durch Erosion der stauenden Endmoränen wurde dieser See langsam abgesenkt. Die Zuflüsse – in unserem Gebiet vor allem die Aare und die Orbe – brachten hauptsächlich in der ersten Zeit, als der Boden durch die Vegetation noch nicht konsolidiert war, gewaltige Schuttmassen. Möglicherweise bewahrten in den heutigen Becken des Murten- und Neuenburgersees liegende Toteismassen diese vor der Auffüllung. Die weitere Entstehungsgeschichte der Ablagerungen unseres Gebietes in der Postglazialzeit geht aus Tabelle 7, S. 209, hervor.

### Literaturverzeichnis

- AEBERHARDT, B. (1903): *Note sur le Quaternaire du Seeland*. Arch. Sci. phys. nat. 16, 71 et 213.  
 — (1907): *Contribution à l'étude du Système glaciaire alpin*. Mitt. naturf. Ges. Bern, p. 257.  
 — (1912): *Rapport sur l'excursion dans le glaciaire de Wangen*. Eclogae Geol. Helv. 11, 782.
- ANTENEN, F. (1914): *Beitrag zur Quartärforschung im Seeland*. Eclogae Geol. Helv. 13, 184.  
 — (1936): *Geologie des Seelandes* (Biel, Heimatkundekommission).
- BÄRTSCHI, E. (1913): *Das westschweizerische Mittelland, Versuch einer morphologischen Darstellung*. Neue Denkschr. schweiz. naturf. Ges. 47, 151.
- BECK, P. (1938): *Studien über das Quartärklima im Lichte astronomischer Berechnungen*. Eclogae Geol. Helv. 31, 137.
- BEHMER, R. (1912): *Die erratischen Blöcke in der Freiburger Ebene* (Dissertation, Freiburg).
- BOURGUET, L., & CARTIER, M. (1742): *Traité des pétrifications* (Briasson, Paris).
- BRÜCKNER, E. (1902): *La morphologie du plateau molassique et du Jura suisse*. Arch. Sci. phys. nat. 4, 8 et 46.
- CULMANN, C. (1858): *Die Correction der Juragewässer*. Schweiz. polytechn. Z. 3, 9 et 46.
- FAVRE, A. (1883): *Sur l'ancien lac de Soleure*. Arch. Sci. phys. nat. [3], 10, 610.
- FRÜH, J., & SCHRÖTER, C. (1904): *Die Moore der Schweiz mit Berücksichtigung der gesamten Moorefrage*. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., 3.
- GEIGER, E. (1943): *Erläuterungen zu Atlasblatt 16 (Blätter 56–59). Anhang: Sedimentpetrographische Untersuchungen der oberen Süsswassermolasse und der pleistozänen Ablagerungen im Thurgau*. Geol. Atlas der Schweiz 1:25000.
- GERBER, ED. (1913): *Jensberg und Brüttelen, zwei Ausgangspunkte für die Molassestratigraphie des schweizerischen Mittellandes*. Eclogae Geol. Helv. 12, 451.
- GIGNOUX, M (1950): *Géologie stratigraphique*. 4e éd. (Paris, Masson & Cie.).
- GILLIÉRON, V. (1885): *Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne*. Beitr. Geol. Karte Schweiz 18, 360.
- GIRARDIN, P. (1929): *La morphologie du Mt. Vully*. Bull. Soc. fribourgeoise Sci. nat., C. r. 29, 197.
- GUÉTTARD, J. E. (1752): *Mémoire dans lequel on compare le Canada à la Suisse par rapport à ses minéraux*. Mém. Acad. Sci. Paris, p. 323.
- GUYOT, A. (1845): *Notice sur la carte du fond des lacs de Neuchâtel et de Morat*. Mém. Soc. neuchâtoise Sci. nat. 3, 74.

- HEIM, ARN., & HARTMANN, A. (1919): *Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz*. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., Lfg. VI.
- HÜRZELER, J. (1946): *Säugetierpalaeontologische Bemerkungen zur Abgrenzung und Unterteilung des Aquitanien*. Eclogae Geol. Helv. 38, 655.
- JÄCKLI, H. (1946): *Bericht über die geologischen Verhältnisse am Broye-Kanal*. Manuskript im Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft.
- KIENER, M. (1934): *Beitrag zur Orographie des westschweizerischen Mittellandes, Versuch einer Flächengliederung*. (Dissertation, Bern.)
- KOCH, K. (1816): *Bericht der Schwellenkommission über die Aare, Zihl, den Murten-, Neuenburger- und Bielersee* (Bern).
- KOPP, J. (1935): *Die Tektonik des Wistenlacherberges (Mont Vully)*. Eclogae Geol. Helv. 28, 525.  
 — (1936): *Petrolgeologische Untersuchungen in der Berner und Freiburger Molasse zwischen Aare und Broye*. Manuskript im Archiv der Geotechnischen Kommission, Zürich.  
 — (1946): *Zur Tektonik der westschweizerischen Molasse*. Eclogae Geol. Helv. 39, 269.
- KRUMBEIN, W. C. (1941): *Measurement and geological significance of shape and roundness of sedimentary particles*. J. Sed. Petrology 11, 64.
- KUTTER, W. R. (1854): *Die Juragewässerkorrektur im Jahre 1853*.
- LAYNE, N. M., JR. (1950): *A procedure for shale desintegration*. Micropaleontologist [1] 4, 21.
- LERICHE, M. (1927): *Les poissons de la molasse suisse*. Mém. Soc. pal. suisse 47.
- LETSCH, E. (1907): *Die schweizerischen Tonlager*. Beitr. Geol. Schweiz, Lfg. IV.
- LIECHTI, W. (1946): *Bericht an das eidgenössische Amt für Wasserwirtschaft über die Geologie im Gebiet der Jurarandseen*. Manuskript im Eidgenössischen Amt für Wasserwirtschaft.
- LÜDI, W. (1932): *Die Geschichte des Grossen Mooses in der Postglazialzeit*. Mitt. naturf. Ges. Bern, Sitzungsbericht, p. X.  
 — (1935): *Das Grosse Moos im westschweizerischen Seeland und die Geschichte seiner Entstehung*. Veröff. Geobot. Inst. Rübel, Zürich, Heft 11. (H. Huber, Bern).  
 — (1946): *Die Hochwasserkatastrophe im westschweizerischen Seeland vom November/Dezember 1944*. Bericht über das Geobot. Inst. Rübel in Zürich für das Jahr 1945, p. 107.
- MORTILLET, G. DE (1863): *Sur l'affouillement des anciens glaciers*. Atti Soc. ital. Sci. nat. 5, 248.
- MÜLLER, AEM. (1945): *Schweizer Farbenatlas* (Chromos-Verlag, Winterthur).
- NIGGLI, P., & GRUBENMANN, N. (1915): *Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz*. Beitr. Geol. Schweiz, Geotechn. Ser., Lfg. V.
- NIGGLI, P. (1935): *Die Charakterisierung der klastischen Sedimente nach der Korngrössenzusammensetzung*. Schweiz. min. petr. Mitt. 15, Heft 1.
- NUSSBAUM, F. (1907): *Über die Schotter im Seeland*. Mitt. naturf. Ges. Bern, p. 1.
- OTT, E. (1923): *Bericht über die geologische Untersuchung der Staatsdomäne Witzwil*. Manuskript in der bernischen Strafanstalt Witzwil.
- RAMSAY, A. C. (1862): *On the glacial origin of certain lakes in Switzerland*. Quart. J. geol. Soc. London 18, 133.
- RAZOUKOWSKY, G. DE (1789): *Histoire naturelle du Jorat et de ses environs et celle des trois lacs de Neuchâtel, Morat et Biemme*. 2. Band (J. Maurer, Lausanne.)
- RICHTER, M. (1948): *Der westalpine Molassetrog*. Erdöl und Kohle 1, 341.
- ROTHEY, P. L. (1916): *Le grès coquillier, son origine et ses divers usages*. Extr. Ann. fribourgeoises, 4e année. (Fragnière Frères, Fribourg).
- RÜSCH, G. (1826): *Anleitung zu dem richtigen Gebrauch der Bade- und Trinkcuren*. 2. Band (Keller, Ebnet).
- RÜTMEYER, L. (1869): *Über Tal- und Seebildung*. (Schweighauser, Basel).
- RUTSCH, R. (1946): *Neue Auffassungen über die Entstehung der Molassesedimente*. Eclogae Geol. Helv. 38, 407.
- SCHARDT, H. (1898): *Sur l'origine des lacs du pied du Jura*. Bull. Soc. neuchâteloise Sci. nat. 26, 395.  
 — (1901): *Sur les dunes éoliennes et le terrain glaciaire des environs de Champion et d'Anet*. Bull. Soc. neuchâteloise Sci. nat. 29, 149.  
 — (1907): *Sur la géologie du Mont Vully*. Bull. Soc. neuchâteloise Sci. nat. 34, 264.



- SCHUPPLI, H. M. (1950): *Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz*, III. Teil, 8. Abschnitt: *Ölgeologische Untersuchungen im Schweizer Mittelland zwischen Solothurn und Moudon*. Beitr. Geol. Schweiz. Geotechn. Ser., Lfg. 26, Teil 3.
- STAUB, R. (1938): *Prinzipielles zur Entstehung der alpinen Randseen*. Eclogae Geol. Helv. 31, 239.
- STAUB, W. (1936): *Begleitwort zu den Siegfriedblättern 325 (St. Aubin), 311 (Villars), 314 (Murten)* in 1:25000. Manuskript im Archiv der Geotechnischen Kommission, Zürich.
- (1937): *Das Berner Seeland*. Manuskript im Archiv der Geotechnischen Kommission, Zürich.
- (1938): *Die Molasse im Berner Seeland und ihre Durchtalung*. Mitt. naturf. Ges. Bern, p. 16.
- STUDER, B. (1825): *Beyträge zu einer Monographie der Molasse* (Jenni, Bern).
- (1853): *Geologie der Schweiz*. 2. Band (Stämpfli, Bern, und Schulthess, Zürich).
- (1864): *De l'origine des lacs suisses*. Arch. Sci. Bibl. univ., nouvelle période 19, 89.
- (1872): *Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und ihrer Umgebungen* (Dalp. Bern).
- TREFETHEN, J. M. (1950): *Classification of sediments*. Am. J. Sci. 248, 55.
- WENTWORTH, C. K. (1922): *A scale of grade and class terms for clastic sediments*. J. Geol. 30, 377.
- ZIMMERMANN, P. (1932): *Etude monographique du Vully fribourgeois et de son vignoble*. Mém. Soc. fribourgeoise Sci. nat., Sér. Géol. Géogr. 11, 1.
- (1935): *Sur un gîte fossilifère de l'Aquitainien au Mont Vully*. Bull. Soc. fribourgeoise Sci. nat. 27, 141.

#### Geologische Karten:

- BUXTORF, A., & CHRIST, P. (1941): *Geologische Generalkarte der Schweiz, 1:200 000*. Blatt 2 (Basel und Bern).
- GILLIÉRON, V., BACHMANN, I., & JACCARD, A. (1879): *Geologische Karte der Schweiz, 1:100 000*. Dufourblatt XII (Freiburg und Bern).
- HEIM, ALB., & SCHMIDT, C. (1911): *Geologische Karte der Schweiz, 1:500 000*. 2. Auflage.
- KOPP, J.: *Geologische Originalaufnahme 1:25 000, S.A.-Blätter 312 (Sugiez) und 314 (Murten)*. Nicht publiziert; Originale im Archiv der Geotechnischen Kommission, Zürich.
- SCHMID, K. (1930): *Geologische Originalaufnahme 1:25 000 im Gebiet südlich und südöstlich des Bielersees (S.A.-Blätter 136, 137, 312, 313)*. Original im Geologischen Institut Universität Bern.
- STAUB, W.: *Geologische Originalaufnahme 1:25 000, S.A.-Blatt 314 (Murten)*. Nicht publiziert; Original im Archiv der Geotechnischen Kommission, Zürich.
- STUDER, B., & ESCHER DE LA LINTH, A. (1853): *Carte géologique de la Suisse, 1:380 000*. (Winterthur) 2e éd. par BACHMANN, I. (1867).

#### Topographische Karten:

- Siegfriedatlas-Blätter*: Nr. 312 (Sugiez), Ausgabe 1939, Nr. 314 (Murten), Ausgabe 1946.
- Grundbuchübersichtspläne 1:10 000*: Donatyre 2 und 3 (Faoug), 1941, und Murten-Greng 11, 1925 (Sepiakopien).

#### Photographische Aufnahmen der Eidgenössischen Landestopographie:

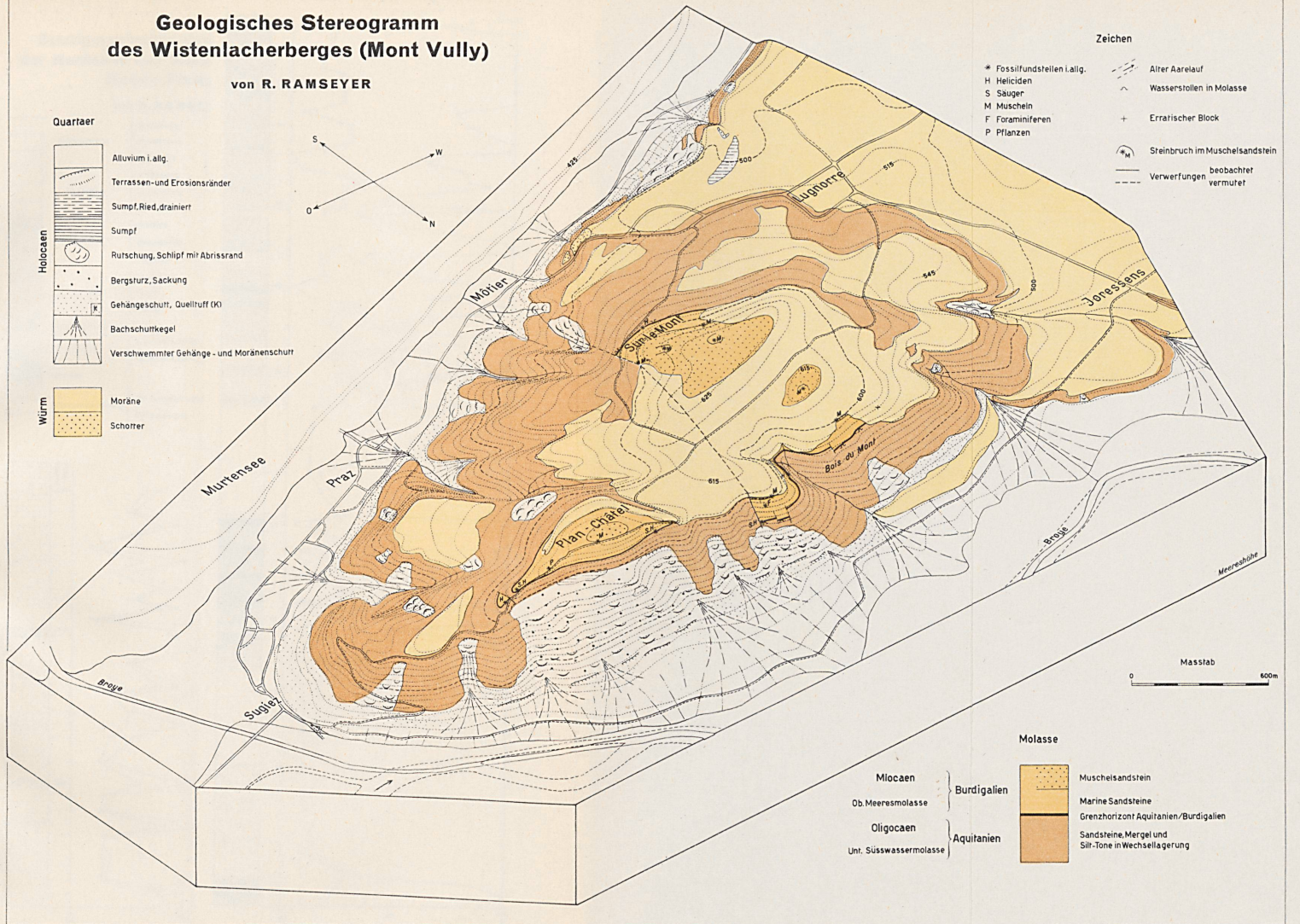
- Luftbilder* S. A. 312/763, 764, 765, 782, 783, 784; 314/357, 358, 359, 366, 367, 368, 371, 373, 374, 376, 377, 379.





# Geologisches Stereogramm des Wistenlacherberges (Mont Vully)

von R. RAMSEYER



**Stratigraphisches Detailprofil von  
der Nordseite des Wistenlacherberges  
(Creux Pissiaux)**

von R. RAMSEYER

