Geologie der Kreide und Molasse in der Umgebung von Grandson (Kt. Waadt)

Autor(en): **Bertschy, René**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **51 (1958)**

Heft 2

PDF erstellt am: **02.05.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-162434

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

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

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

Geologie der Kreide und Molasse in der Umgebung von Grandson (Kt. Waadt)

Von **René Bertschy**, Düdingen (Freiburg)

Mit 10 Figuren und 2 Tabellen im Text, und 3 Tafeln (I—III)

INHALTSVERZEICHNIS

Seite

Vorwort 218

Einleitung 219

I. Stratigraphie 220

A. Kreide 220

Bisherige Untersuchungen 220

1. Berriasien (Infravalanginien) 221

a) Oolith. und spätige Kalke und Mergel 221

b) Marbre bâtard 222

Grenze Berriasien – Valanginien s. str. 224

2. Valanginien s. str. 224

3. Hauterivien 226

a) Hauterivienmergel 226

b) Mergelkalkzone 227

c) Hauterivienkalke (Pierre jaune) 227

4. Barrémien 228

a) Unteres Barrémien = Zone de Russille = Urgonien jaune 228

b) Oberes Barrémien = Urgonien blanc (Urgonien s. str.) 229

B. Taschenfüllungen 231

1. Taschenfüllungen in den Urgonkalken von La Raisse 231

2. Taschenfüllung in den Hauterivienkalken von Onnens 235

C. Molasse 236

Bisherige Untersuchungen 236

Gliederung 237

Stampien 237

1. Serie der untern bunten Mergel 237

2. Serie der Grès de Mathod 238

3. Serie der Süsswasserkalke 239

4. Serie der Gipsmergel 242

Aquitanien 245

5. Serie der oberen bunten Mergel 245

II. Tektonik 246

Einleitung 246

1. Blattverschiebung und Bruchzone von Concise-La Lance 248

2. Bruchzone westlich St. Maurice 249

3. Bruchzone an der oberen Brinaz 250

III. Quartär 250
Bisherige Untersuchungen 250
A. Pleistozän 251
1. Rissmoräne 251
2. Das Schieferkohlenvorkommen von Grandson 251
3. Interglaziale Schotter 252
4. Würmmoräne 252
5. Erratika 252
6. Gletschermühle 253
B. Holozän 253
1. Rutschungen und Schlipfe 253
2. Verwitterungsbildungen 253
3. Postglaziale Schotter 253
4. Deltaschotter des Arnon 253
5. Moorbildungen 254
6. Der Tuff von La Mothe 254
C. Bergsturz von Novalles-Vugelles 256
Literaturverzeichnis 260

VORWORT

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung meines verehrten Lehrers, Herrn Prof. Dr. R. F. Rutsch, im Sommer 1953 begonnen und im Frühjahr 1957 abgeschlossen.

Ausgangspunkt der Untersuchungen war die geologische Detailkartierung von Teilgebieten der Blätter 286 (Grandson), 287 (Yvonand), 284 (Mauborget) und 285 (Concise) des Siegfried-Atlas. Als topographische Grundlage standen mir Übersichtspläne im Maßstab 1:10000 und Gemeindekatasterpläne im Maßstab 1:5000 zur Verfügung. Alle topographischen Angaben beziehen sich ausschliesslich auf den Siegfried-Atlas (Nachträge 1945). Flugphotos der Eidgenössischen Landestopographie ergänzten die topographischen Grundlagen.

Mein grösster Dank gebührt Herrn Prof. Dr. R. F. Rutsch, unter dessen Leitung die Arbeit ausgeführt wurde. Sie wurde durch sein reges Interesse und seine stete Hilfsbereitschaft gefördert und durch mehrere Feldbegehungen tatkräftig unterstützt.

Grosser Dank gilt auch Herrn Prof. Dr. J. Cadisch als Vorsteher des Geologischen Instituts der Universität Bern für seine vielen Anregungen und den intensiven Kontakt während meiner Assistentenzeit.

Herrn Pd. Dr. Th. Hügi bin ich für seine Unterstützung bei Gesteinsanalysen und sedimentpetrographischen Untersuchungen äusserst dankbar.

Herr Pd. Dr. H. Grunau war mir bei der Auswertung von elektronenmikroskopischen Aufnahmen behilflich, Herr Dr. H. Bartenstein (Celle/Hannover) bestimmte die Mikrofossilien, Herr Dr. F. Burri (Basel) einen Teil der Makrofossilien aus der Kreide. Herr Dr. M. Lys (Paris) untersuchte die Foraminiferen aus den «Taschenfüllungen» von La Raisse, Herr Dr. L. Forcart (Basel) die subrezenten Gastropoden aus dem Kalktuff von La Mothe und Herr Dr. J. Hürzeler (Basel) die Säugerreste aus der Molasse. Die Bestimmung der Charophyten

aus der Molasse übernahm Herr Dr. K. Mädler (Hannover); Herr Dr. H. Oertli (Chambourcy) diejenige der Ostrakoden aus der Molasse und dem Tuff von La Mothe. Herr Dr. H. Bräm (Embrach) begutachtete Kalkkonkretionen aus der Molasse und dem Tuff von La Mothe. Herr Prof. Dr. F. de Quervain (Zürich) stellte mir freundlicherweise Arbeiten aus den Akten des Bureau für Bergbau zur Verfügung. Manche Anregung verdanke ich Herrn Dr. H. A. Jordi (zurzeit Tripoli), der mich auch mehrmals im Felde begleitete.

Allen diesen Herren spreche ich meinen verbindlichsten Dank aus.

Mein herzlichster Dank aber gilt meinen Eltern, die mir durch Aufopferung und Vertrauen das Studium ermöglichten.

EINLEITUNG

Das in der vorliegenden Arbeit untersuchte Gebiet liegt, wie aus der Übersichtskarte (Fig. 1) hervorgeht, zwischen dem Südwestende des Neuenburgersees und dem Jurafuss.

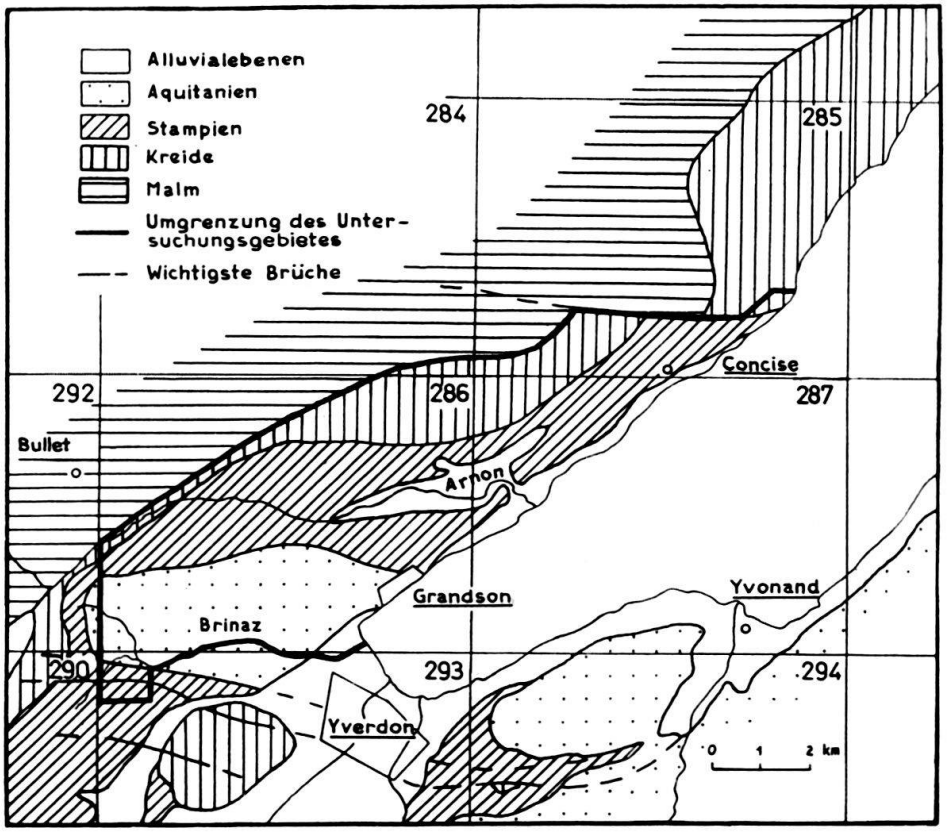


Fig. 1. Übersichtskarte des Untersuchungsgebietes (Netzeinteilung nach den Blättern des SA, 1 : 25000)

Im S und E des Gebietes wird der Felsuntergrund durch die oligozäne Molasse gebildet, die gleichmässig nach SE einfällt und im S durch eine Bruchzone an der oberen Brinaz gestört ist. Im N und W tritt im Südschenkel der Bullet-Antiklinale die Untere Kreide auf. Nördlich von Concise durchsetzt eine bedeutende Blattverschiebung diesen Antiklinal-Schenkel.

Im Untersuchungsgebiet treten folgende Stufen auf:

Oligozän	Aquitanien
	Stampien
Mittlere Kreide	Albien? (in Taschen)
	Aptien (in Taschen)
Untere Kreide	Barrémien
	Hauterivien
	Valanginien s. str.
	Berriasien od. Infraval.

I. Stratigraphie

A. Kreide

Die Kreideablagerungen des Untersuchungsgebietes sind im Süd-Schenkel der Aiguilles de Baulmes–Bullet–Mont Aubert-Antiklinale aufgeschlossen. Unserer Arbeit ist folgende Gliederung zugrunde gelegt:

Barrémien	Ob. Barrémien (Urgonien s. str.)
	Unt. Barrémien (Zone de Russille, Urgonien jaune)
Hauterivien	Ob. Hauterivien (Pierre jaune)
	Unt. Hauterivien (Mergel)
Valanginien s. str.	Calcaire roux und Limonit
Berriasien	Marbre bâtard
(Infravalanginien)	oolithische und spätige Kalke und Mergel

BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN

H. B. de Saussure (1803, S. 237) hat als erster die «gelben Kalke» des Untersuchungsgebietes entlang dem Neuenburgersee beobachtet.

B. Studer erwähnt 1853 das Auftreten von Rudistenkalken zwischen Concise und Vaumarcus und E. Renevier (1869) die Valanginienkalke zwischen Novalles und Bonvillars und das Urgon bei La Raisse nordöstlich Concise.

A. Jaccard (1869) unterscheidet die von Neuenburg bis Bonvillars anstehenden Hauterivienkalke, die bei Bonvillars, St. Maurice, Fontaines und La Mothe auftretenden Valanginienkalke und die weissen Rudistenkalke des Urgons von La Raisse, ohne sie näher zu beschreiben. Später beschreibt er die gelben Mergel des unteren Barrémien von Concise und parallelisiert sie mit der «Zone de Russille» bei Orbe (1893b). E. Baumberger (1901, 1903, 1905) verdankt man Angaben über das Berriasien von St. Maurice und Bonvillars und über den Calcaire roux des Valanginien von Tivoli. Von La Coudre ob Bonvillars erwähnt er eine Mergelgrube im Liegenden spätiger Hauterivienkalke. Es handelt sich um Hauterivienmergel mit einer reichhaltigen Fauna. Über die geologischen Verhältnisse von Tivoli–La Coudre hat er 1903 (S. 39) ein aufschlussreiches Profil veröffentlicht.

Im Zusammenhang mit der Beschreibung eines römischen Steinbruches bei La Lance gibt H. Schardt (1910) ein geologisches Profil durch die Gegend von Les Plattets–La Lance, das die Stufen vom Séquanien bis zum Barrémien umfasst.

Angaben über die Steinbrüche von St. Maurice, Bonvillars (Tivoli) und La Raisse und über die Porosität der Hauterivienkalke von Concise und der Urgon-

kalke von La Raisse findet man in der Publikation von P. NIGGLI, U. GRUBENMANN & A. JEANNET (1915).

In neuester Zeit hat F. BURRI (1956) zwei detaillierte stratigraphische Profile durch das Berriasien und Valanginien von St. Maurice und Tivoli (Bonvillars) veröffentlicht.

1. Berriasien (Infravalanginien)

A) OOLITHISCHE UND SPÄTIGE KALKE UND MERGEL[1])

Die Gesteine dieser Serie sind am Südufer des Arnon südwestlich von La Mothe, nördlich Fontaines, westlich St. Maurice bis Tivoli–La Coudre (nördlich Bonvillars), im Bois de Chêne nördlich Onnens und nördlich La Lance aufgeschlossen.

Kalke

Es handelt sich um gelb-braune Kalke, die oolithische, pseudoolithische[2]) und spätige Textur aufweisen. Kalke aus dem untern Teil der Serie können zudem grau, dunkelrotbraun oder dunkelbraun gefärbt sein. Die von H. A. JORDI (1955, S. 4) erwähnten dunkelblau-grauen Kerne in den untern Berriasienkalken treten nur ausnahmsweise auf. Einzelne Bänke sind teilweise brecciös ausgebildet. Kalke aus dem Typ-Profil des untern Valanginien (Berriasien) bei Valangin (Nr. 15 im Profil von E. BAUMBERGER & H. MOULIN, 1898) zeigen eine ähnliche Ausbildung.

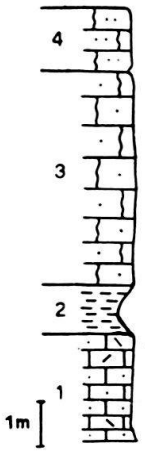
Schliffbild (vgl. Taf. III, 1,2): In einer meso- bis kryptokristallinen kalzitischen Grundmasse treten Ooide und Pseudooide auf. Seeigelstacheln, Schalenquerschnitte, aufgearbeitete Kalkeinschlüsse, Bryozoenreste und gerollte Foraminiferen sowie Quarzflitter sind typisch. Rotaliden, Milioliden, Lageniden und Textulariden sind häufig. Die Gattung *Trocholina* tritt sowohl als hohe wie auch als niedrige Form auf. Die niedrige Form ist der aus dem Valanginien von Arzier von M. REICHEL (1955, S. 405) beschriebenen *Neotrocholina valdensis* sehr ähnlich.

Mergel

Die gelben und gelb-braunen Mergel sind teils oolithisch, teils feindetritisch ausgebildet. Sie treten als dünne Lagen zwischen den Kalkbänken und als gut charakterisiertes Mergelband im oberen Teil der Serie auf. Dieser Horizont ist meist fossilführend und gegen oben als Mergelkalk ausgebildet. Nördlich Fontaines (537,37/188,06) ist dieses Mergelband 1 m, weiter im Osten bei St. Maurice (539,88/187,80) (vgl. F. BURRI 1956, S. 624) nur noch 25–30 cm mächtig. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um dasselbe Mergelband, das H. A. JORDI, 1955, S. 4) vom Chamblon erwähnt und das 2 m mächtig im Liegenden des Marbre bâtard auftritt (vgl. Fig. 2 und 3). Am Chamblon steht über dem Mergelband direkt der Marbre bâtard an, in unserem Gebiet ist dies bei Fontaines der Fall, während bei St. Maurice im Hangenden oolithische und pseudoolithische Kalke folgen.

[1]) Unter der Annahme, dass der Dolomitgehalt auf die Kalke des oberen Malm beschränkt sein könnte, wurden mehrere DTA (Differential-Thermo-Analyse) durchgeführt. Ein Kalk des oberen Berriasien im Liegenden des Marbre bâtard bei St. Maurice zeigte jedoch einen Dolomitgehalt von ca. 5%.

[2]) Bei den Pseudooiden in den Gesteinen der Unteren Kreide kann es sich eventuell um «faecal pellets» handeln (vgl. H. B. MOORE 1955).



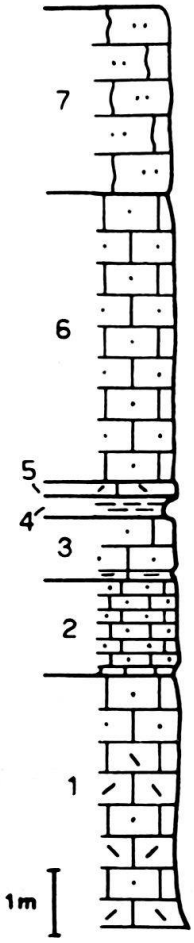
4. Violett-rot pigmentierter Marbre bâtard.

3. Dichter, brauner Marbre bâtard.

2. Mergelband, gelbe und gelbbraune Mergel, oolithisch, fossilführend.

1. Dichter gelber Kalk, dünnbankig, oolithisch, teilweise spätig.

Fig. 2. Lithologisches Profil durch das obere Berriasien von Fontaines



7. Marbre bâtard, würfelförmig verwitternd.

6. Gelb-brauner oolithischer Kalk, Kalzitausscheidungen auf Kluftflächen. Übergangsfazies zum Marbre bâtard.

5. Braune, feinspätige Kalkbank, fossilführend.

4. Gelbe Mergel, fossilführend, gegen oben als oolithischer Mergelkalk ausgebildet.

3. Brauner, oolith., z. T. feinspätiger Kalk, Mergelbändchen an der Basis.

2. Brauner, auf Klüften violett gefleckter, dünnbankiger, oolithischer Kalk.

1. Gelb-brauner, feinspätiger Kalk.

Fig. 3. Lithologisches Profil durch das obere Berriasien von St. Maurice

B) MARBRE BATARD

Dieser der Volkssprache entstammende Name bezeichnet eher eine Fazies als einen Zeitbegriff. In unserem Gebiet tritt der Marbre bâtard allerdings nur im Dach des Berriasien auf, so dass er lokal als Leithorizont dienen kann.

Wir beschränken den Begriff auf weisse, bräunliche, graue, rötliche, violett-pigmentierte, dichte bis zuckerkörnige Kalke, die im frischen Bruch marmorähn-

lich erscheinen. Sie sind wenig oder schlecht gebankt; der untere Teil des Marbre bâtard verwittert zu Würfeln von 3–5 cm Kantenlänge (vgl. H. A. JORDI, 1955, S. 4).

Schliffbild (vgl. Tafel II, 2): In einer rekristallisierten kalzitischen Grundmasse treten abgerollte Foraminiferen und Pseudooide auf. Die häufigsten Foraminiferen sind Milioliden, Textulariden, agglutinierende Formen und Trocholinen. Die einzelnen Pseudooide und Foraminiferen berühren sich gegenseitig meist nicht und sind in bezug auf Grösse gut sortiert. Der Marbre bâtard tritt in unserem Gebiet nördlich Fontaines, westlich St. Maurice bis nach Tivoli–La Coudre ob Bonvillars, im Bois de Chêne und im Bois de Ban auf.

Bei Fontaines (537,37/188,06) tritt im Hangenden des schon erwähnten Mergelbandes Marbre bâtard auf, der fazielle Übergänge zu einem braunen pseudooolithischen Kalk zeigt. Bei St. Maurice (539,88/187,80) ist im Hangenden des Mergelbandes zunächst ein oolithischer und pseudoolithischer Kalk vorhanden, über welchem der typische Marbre bâtard folgt. Am Chamblon tritt dagegen im unmittelbaren Hangenden des Mergelbandes (vgl. H. A. JORDI, 1955, S. 4) typischer Marbre bâtard auf.

Fossilfunde des Berriasien

Im Mergelband bei Fontaines (vgl. Fig. 2) hat F. BURRI (briefl. Mitteilung) aus Schicht 2

Terebratula valdensis DE LOR.
Toxaster granosus D'ORB.

nachgewiesen. H. BARTENSTEIN bestimmte aus dem Schlämmrückstand derselben Schicht neben Mollusken- und Echinodermen-Resten folgende Mikrofauna (briefl. Mitteilung):

Lenticulina münsteri (ROEMER)
Lenticulina subalata (REUSS)
Choffatella decipiens (SCHLUMBERGER)

W. MAYNC (briefl. Mitteilung) erkannte ausserdem

Nautiloculina nov. spec.

Eine ähnliche Mikrofauna weisen nach einer brieflichen Mitteilung von Herrn Dr. H. BARTENSTEIN Mergel des mittleren Berriasien von Valangin (Gabelung alte–neue Strasse von Valangin nach Neuenburg) und von Les Clées (zwischen Orbe und Vallorbe) auf.

Im Mergelband und der darüberliegenden Kalkmergelbank im Steinbruch von St. Maurice (540,01/187,66) (aus Schicht 4 und 5, Fig. 3) wurde ebenfalls von F. BURRI (briefl. Mitteilung)

Terebratula valdensis DE LOR.

nachgewiesen.

E. BAUMBERGER (1903, S. 39) hat in den im Liegenden des Mergelbandes auftretenden Kalken

Natica Leviathan P. & C. = *Leviathania leviathan* (PICTET & CAMPICHE).

gefunden.

F. BURRI (1956, S. 625) führt in einem Profil eines etwas nördlicher gelegenen Steinbruches bei St. Maurice (539,88/187, 80) neben Foraminiferen

Terebratula valdensis DE LOR.
Toxaster granosus D'ORB.

aus ockergelben Kalkmergeln, die der Schicht 4 (vgl. Fig. 3) entsprechen, an.

GRENZE BERRIASIEN – VALANGINIEN S. STR.

Im Untersuchungsgebiet besteht eine scharfe Grenze zwischen dem obersten Marbre bâtard und dem Calcaire roux (Valanginien s. str.). Die an der Basis des Valanginien weitverbreiteten fossilführenden Marnes d'Arzier (vgl. A. JACCARD 1869, E. BAUMBERGER 1901, H. LAGOTALA 1920, F. BURRI 1956) fehlen in unserem Gebiet. Schon E. BAUMBERGER (1903, S. 55) weist darauf hin, dass dieser Mergelhorizont bei Bonvillars zu fehlen scheine. Ein schematisches lithologisches Profil in F. BURRI & H. BARTENSTEIN (1954, S. 429) gibt über das regionale Vorkommen dieses Horizontes Aufschluss. Der direkt auf den Marbre bâtard transgredierende Calcaire roux konnte in unserem Gebiet an drei Stellen beobachtet werden:

1. Rechts über der Strasse von St. Maurice nach Vaugondry, 100 m nördlich P. 474 St. Maurice (vgl. F. BURRI 1956, S. 626).
2. An der Strasse Bonvillars–Fontanezier beim Steinbruch über Le Clos (Ostrand des Steinbruches am Strassenrand).
3. An der Strasse von Corcelles nach Fontanezier im Bois de Ban an der Kreuzung mit 4. Kl. Weg auf 750 m (543,13/190,26). Der Marbre bâtard wird direkt von der limonitischen Fazies des Calcaire roux überlagert.

2. Valanginien s. str.

Da die Marnes d'Arzier in unserem Gebiet nicht abgelagert worden sind und die im Dach des Valanginien weitverbreiteten Astieria- und Bryozoenmergel (vgl. F. BURRI 1956, S. 612) entweder nicht aufgeschlossen sind oder sehr wahrscheinlich fehlen, beschränkt sich die der Beobachtung zugängliche Gesteinsserie auf den Calcaire roux und den Limonit.

Diese Gesteine sind westlich St. Maurice bei Maladeyres, zwischen St. Maurice und Bonvillars (Tivoli) und im Bois de Chêne/ Bois de Ban nördlich Onnens aufgeschlossen.

Der Calcaire roux ist als Echinodermenbreccie ausgebildet, im Gegensatz zu den oolithischen Kalken nordöstlich unseres Gebietes und gegen die Transgressionsgrenze (Morteau–Biel), wie sie von E. BAUMBERGER (1901) und E. FREI (1925) beschrieben werden. Der Calcaire roux ist in unserem Gebiet meistens dünnbankig (3–10 cm), in den Steinbrüchen von Tivoli bei Bonvillars und bei St. Maurice ausgesprochen schräggeschichtet. Schrägschichtung im Calcaire roux wird auch von E. FREI (1925, S. 31) von Vauseyon (Neuenburg) erwähnt.

Die Farbe der Echinodermenbreccie variiert von hellgelb-braun bis zu rostbraun. Silexknollen stechen mit ihrer grau-weissen Farbe deutlich aus den braunen Kalken hervor. E. BAUMBERGER (1903, S. 39) hat solche «Kieselkalklamellen und Linsen» beschrieben. H. A. JORDI (1955, S. 6) beobachtete sie im selben Niveau auch am Chamblon. Es handelt sich um eine sekundäre Verkieselung. Die ursprüng-

liche Struktur des Calcaire roux ist teilweise noch erkennbar, was auch für vereinzelte Limonitkörner zutrifft. Die Kieselsäure ist als kryptokristalliner Quarz, als fiederartiger Chalzedon und vereinzelt in Gestalt grösserer Quarzkörner ausgebildet.

Im Dünnschliff zeigt sich der spätige Charakter des Calcaire roux ausgeprägt. Neben grossen Kalzitkristallen (= Echinodermenplättchen) sind Querschnitte von Stacheln, Pentacrinusstielglieder, Bryozoen, Glaukonit, limonitisierter Glaukonit oder Limonitkörner typisch (vgl. Taf. II, 3,4).

Bei Maladeyres zwischen Fontaines und St. Maurice (538,97/187,57) ist der Calcaire roux stark glaukonithaltig. Im allgemeinen ist der Glaukonit im Calcaire roux jedoch eher spärlich vertreten und nach einer mündlichen Mitteilung von Frl. S. François (Besançon) im französischen Jura überhaupt nicht vorhanden. Weiter gegen Osten, bei St. Maurice und gegen Bonvillars, führt der Calcaire roux Limonit. Der Glaukonit scheint zu Limonit umgewandelt worden zu sein, doch kann dies nicht mit Sicherheit nachgewiesen werden, da in Schliffen keine sicheren Übergänge festzustellen sind.

Nach E. Baumberger (1901, S. 21) tritt der Limonit im Süden des Schweizer Jura an der Basis des Calcaire roux auf, um gegen die Transgressionsgrenze vertikal bis zur Dachfläche des Calcaire roux aufzusteigen. Dies trifft aber für unser Gebiet nicht zu, da im Bois de Ban (543,13/190,26) Limonit direkt auf Marbre bâtard transgrediert, bei Tivoli auf den mittleren Teil des Calcaire roux beschränkt ist und zwischen St. Maurice und Bonvillars sowohl an der Basis als auch im mittleren Teil des Calcaire roux auftritt.

Ausser «*Alectryonia rectangularis*» konnten keine bestimmbaren Fossilien nachgewiesen werden. Ausgefüllte röhrenartige Gänge von 1 cm Durchmesser und 1–3 dm Länge im Liegenden einer Omissionsfläche im unteren Steinbruch von Tivoli scheinen von Bohrmuscheln zu stammen. Auf dieser Omissionsfläche wurde ferner ein Zahn von ? *Pycnodus* gefunden.

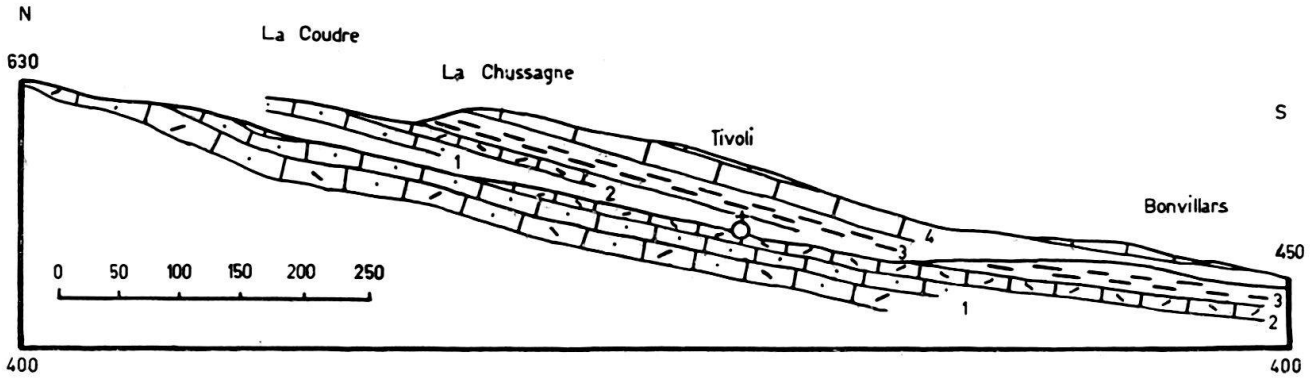


Fig. 4. Geologisches Profil durch den Steinbruchbezirk von Tivoli (Bonvillars).
4. Untere Pierre jaune (ob. Hauterivien).
3. Hauterivienmergel mit Mergelkalkzone im Dach (unt. Hauterivien)
2. Calcaire roux (Valanginien).
1. Marbre bâtard (ob. Berriasien) und oolith. spätige Kalke und Mergel (mittl. Berr.).

3. Hauterivien

Die Sedimente dieser Stufe können in eine Mergel-, eine Mergelkalk- und eine Kalkabteilung gegliedert werden, wobei die Mergel und Mergelkalke das untere, die Kalke das obere Hauterivien vertreten.

A) HAUTERIVIENMERGEL

Innerhalb dieses ca. 40 m mächtigen Mergelkomplexes können homogene, blaugraue bis schwarze Mergel im untern und mehr sandige, graue Mergel im obern Teil unterschieden werden. Im letzteren treten auch vereinzelt Schillkalkbänke auf (Ruz des Creuses westlich St. Maurice, 539,70/187,40). Die Mergel des untern Hauterivien sind in unserem Gebiet am Ruz des Creuses, bei La Coudre ob Bonvillars (541,77/188,62), im Scheibenstand östlich Tivoli (541,80/188,28), im Bois de Chêne (543,25/189,80) und an der Kantonsstrasse über La Lance (546,27/190,16) aufgeschlossen.

Fossilinhalt

Die Hauterivienmergel sind sehr fossilreich. Schon E. Baumberger (1905, S. 15) hat aus einer Mergelgrube bei La Coudre ob Bonvillars (541,77/188,62) folgende Fauna bestimmt:

«*Hoplites radiatus* Brug., *Panopaea lateralis* Ag., *Cyprina Deshayesi* de Lor., *Exogyra Couloni* d'Orb., *Arca* sp., *Cardium Cottaldi* d'Orb., *Pleurotomaria Bourgueti* de Lor., *Chenopus* sp., *Terebratula acuta* Quenst., *Serpula heliciformis* Roem., *Toxaster complanatus* Ag., *Rhynchonella multiformis* Roem.»

Aus eigenen Funden konnten

«*Terebratula acuta* Quenst.»
Lamellaerhynchia hauteriviensis Burri
«*Panopaea lateralis* Ag.»

bestimmt werden.

Aus einem 8 m tiefen Schacht in der Hauteriviencombe 100 m östlich Tivoli (541,73/188,30) sind folgende von F. Burri bestimmte Fossilien nachgewiesen:

Lamellaerhynchia hauteriviensis Burri (vgl. F. Burri 1956, S. 661)
«*Terebratula acuta* Quenst.»
«*Panopaea neocomiensis* d'Orb.»
«*Toxaster complanatus* Ag.»
«*Pseudodiadema rotulare* Ag.»

Im Bois de Chêne konnten 100 m nördlich von P. 579 (543,25/189,80) durch einen künstlichen Aufschluss die dort grau-schwarzen Mergel freigelegt werden. Neben zahlreichen Schalenresten tritt

«*Toxaster complanatus* Ag.»

auf.

H. Bartenstein (Celle/Hannover) hat aus dem Schlämmrückstand von Mergeln dieser Lokalität und aus dem Schacht bei Tivoli eine reichhaltige Mikrofauna

bestimmt. Diese aus Ostrakoden und Foraminiferen bestehende Fauna ist in den untern, homogenen Mergeln arten- und individuenreicher als in den obern sandigen Partien (Ruz des Creuses bei St. Maurice (539,70/187,40) und Scheibenstand bei Tivoli (541,80/188,28)).

H. BARTENSTEIN hat folgende Arten bestimmt:

Cythereis cf. *senckenbergi* TRIEBEL
Cytherelloidea ovata WEBER
Haplocytheridea cf. *thörensis* TRIEBEL
Protocythere triplicata (ROEMER)
Protocythere hechti TRIEBEL
Citharina seitzi BARTENSTEIN
Citharina sparsicostata REUSS
Lenticulina crepidularis (ROEMER)
Lenticulina münsteri (ROEMER)
Lenticulina cf. *nodosa* (REUSS)
Lenticulina guttata guttata (ten DAM)
Marssonella oxycona (KOCH)
Vaginulina recta (REUSS)
Tristix acutangulata (REUSS)
Ammodiscus gaultinus (BERTHELIN)

B) MERGELKALKZONE

Diese im Hangenden der Hauterivienmergel auftretende Zone gehört faziell noch zu den Hauterivienmergeln. Sie kann im Untersuchungsgebiet deutlich ausgeschieden werden. Die 2,5–3,5 m mächtige Serie ist westlich St. Maurice (540,25/187,35), über den Mergeln bei Tivoli–La Coudre (vgl. F. BURRI 1956, S. 633) und an der Kantonsstrasse über La Lance aufgeschlossen.

Es handelt sich um vorwiegend zoogene, graue, glaukonithaltige, knollige Mergelkalke und Kalkmergel.

Das Schliffbild zeigt Echinodermen- und Bryozoenreste, Rotaliden, Valvuliniden und Glaukonit. Das Faunenbild ist demjenigen der Pierre jaune sehr ähnlich.

C) HAUTERIVIENKALKE = PIERRE JAUNE (PIERRE DE NEUCHATEL)

Die typisch gelb-braunen Kalke des obern Hauterivien sind unter dem Namen «Pierre jaune» oder «Pierre de Neuchâtel» allgemein bekannt. Eine Unterteilung in untere und obere Pierre jaune ist in unserem Gebiet nur insofern möglich, als die Kalke im unteren Teil vorwiegend zoogen und spätig, im oberen Teil vorwiegend oolithisch ausgebildet sind. H. A. JORDI (1955, S. 11) hat einen die untere und obere Pierre jaune trennenden Horizont, die Marnes d'Uttins, beschrieben. Diese Mergel sind in unserem Gebiet nicht aufgeschlossen oder nicht abgelagert worden. Nur im Bois de Seyte (546,25/190,95), ausserhalb unseres Gebietes,

konnte ein Mergelhorizont von 1 m Mächtigkeit beobachtet werden, der aber gegen La Lance zu auszukeilen scheint[3]).

Die Kalke sind im untern Teil spätig bis grobspätig und glaukonitreich, im oberen Teil dagegen vorwiegend oolithisch. Sie sind allgemein grobbankig, können aber auch dünnbankig ausgebildet sein. Bei den letzteren ist Schrägschichtung häufig (vgl. H. A. Jordi 1955, S. 14). Die Kalke sind gelb-braun oder infolge hohen Glaukonitgehalts grau oder grünlichgrau.

Im Schliff sind Glaukonit, Seeigelstacheln, Bryozoen, Foraminiferen, unbestimmbare zoogene Trümmer und vereinzelte Quarzflitter nachweisbar. Glaukonit konnte nur in den Sedimenten des Valanginien s. str. und im Hauterivien, nicht aber in denen des Berriasien nachgewiesen werden.

Die meistvertretenen Foraminiferen sind Rotaliden, Milioliden, Valvuliniden, dagegen waren Trocholinen nicht festzustellen. Einzelne zoogene Kalke des untersten Berriasien von Feurtille ausserhalb unseres Gebietes zeigen im Schliff ein den Kalken der Pierre jaune sehr ähnliches Faunenbild, mit dem Unterschied, dass Glaukonit nur in den Hauterivienkalken, Trocholinen nur in den Berriasienkalken nachgewiesen werden konnten.

Aus einem mergeligen Kalk, der an der 3. Kl. Strasse nordöstlich P. 579 im Bois de Chêne (543,40/189,77) ansteht, bestimmte F. Burri

Eudesia semistriata Defrance

Diese Art hat H. A. Jordi (1955, S. 12) in den Marnes d'Uttins am Chamblon gesammelt. E. Baumberger (1901) erwähnt sie ebenfalls aus einem die Pierre jaune trennenden Mergelband.

Die Pierre jaune wird in zahlreichen Steinbrüchen abgebaut. Die Kalke stehen zwischen Bonvillars – östlich Tivoli – Chussagne (La Coudre)–La Galilée nördlich Onnens, im Bois de Chêne und im Bois de Ban, ferner über La Lance an. Ihre Mächtigkeit beträgt 36–40 m.

4. Barrémien

Die Kalke dieser Stufe können in einen untern, faziell den Hauterivienkalken ähnlichen und in einen oberen, in der typischen Urgonfazies ausgebildeten Teil, unterteilt werden.

A) UNTERES BARRÉMIEN = ZONE DE RUSSILLE = URGONIEN JAUNE

Es handelt sich um oolithische und feinspätige, gelbbraune Kalke, die im Gegensatz zu den Hauterivienkalken unregelmässige Mergeleinlagerungen aufweisen und meistens schlecht gebankt sind. Die Abgrenzung gegen die Hauterivienkalke wurde dort vorgenommen, wo die ersten mergeligen Kalke einsetzen und das Schliffbild eine für die untern Barrémienkalke typische Assoziation aufweist.

---

[3]) Während den Bauarbeiten an der neuen Strasse konnten sandige, glaukonitführende Mergel in der Pierre jaune beobachtet werden, die eventuell mit den Marnes d'Uttins parallelisiert werden können.

Im Schliff ist der mergelige Anteil deutlich erkennbar. Die zoogenen Trümmer sind bedeutend kleiner als in der Pierre jaune und oft parallel zur Schichtebene eingeregelt. Glaukonit ist häufig vorhanden und Quarzkörner können sehr zahlreich auftreten. Ooide, Pseudooide, Bryozoenreste und Milioliden herrschen in den oberen Partien vor, der mergelige Anteil ist dagegen stark reduziert.

Untere Barrémienkalke sind im Steinbruch nördlich Onnens (542,40/188,38) über oolithischen Hauterivienkalken, am Hang von La Galilée (542,65/188,50; 542,60/188,63) und an der Kantonsstrasse über La Lance (546,29/190,15) aufgeschlossen. An dieser Stelle fallen mergelige und oolithische Kalke mit 30° nach ESE und sind auf 22 m der Strasse entlang aufgeschlossen. Ihre Mächtigkeit beträgt 10 m. Diese Kalke wurden von A. Jaccard (1893b) anhand von Echinidenfunden mit der Zone de Russille parallelisiert.

B) OBERES BARRÉMIEN = URGONIEN BLANC (URGONIEN S. STR.)

Die weissen Kalke des oberen Barrémien sind in der von Südfrankreich (Orgon) bis in den Schweizer Jura vertretenen Urgonfazies (Rudistenkalke) ausgebildet.

Der Begriff Urgonien wurde von A. d'Orbigny (1850) als Zeitbegriff geschaffen. W. Kilian (1888) hat den Beweis erbracht, dass es sich um einen Faziesbegriff handelt, der das Barrémien und das unterste Aptien umfasst.

Die Grenze Barrémien/Aptien kann nur anhand von Ammoniten gezogen werden, die in unserem Gebiet fehlen.

Die Urgonkalke sind weiss bis gräulich-weiss, körnig, dicht, oolithisch oder zoogen ausgebildet. Ein Vergleich der Porosität der Urgonkalke von La Raisse mit denen der Asphaltlagerstätte von La Presta im Val de Travers (M. Frey 1922) ist besonders interessant. P. Niggli, U. Grubenmann & A. Jeannet (1915, S. 249) nennen eine maximale Porosität von 1,83% für die Kalke von La Raisse. M. Frey erwähnt einen Bitumengehalt von 7–12% der abbauwürdigen Bank und 5–7% einer nicht abbauwürdigen Bank in den Kalken von La Presta. Die Porosität ist in den Urgonkalken grossen Schwankungen unterworfen und für Erdölfragen von grosser Bedeutung.

Im Schliffbild herrschen Ooide vor. Neben Bryozoen sind Milioliden sehr häufig. In einem Schliff von La Raisse hat Herr Dr. W. Maync (Paris)

Coskinolina sp. (vergl. Taf. III, 4)

bestimmt. Nach einer brieflichen Mitteilung handelt es sich um eine Art, die der von W. Maync (1955) beschriebenen *Coskinolina sunnilandensis* sehr ähnlich ist. Diese Art ist weltweit verbreitet und tritt vom Urgon bis ins Albien auf. Zwei weitere Exemplare von *Coskinolina* sp. konnten in Kalken an der Kantonsstrasse über La Lance bei der Brücke über die Diaz festgestellt werden.

Im Steinbruch von La Raisse tritt

Requienia ammonia (Matheron)

häufig auf.

Die Urgonkalke sind an der Kantonsstrasse über La Lance bis nach La Raisse, im Bois de Seyte und am Hang bis zum See aufgeschlossen; am besten sind sie im Steinbruch von La Raisse (547,15/190,20) sichtbar. H. Schardt (1910) hat

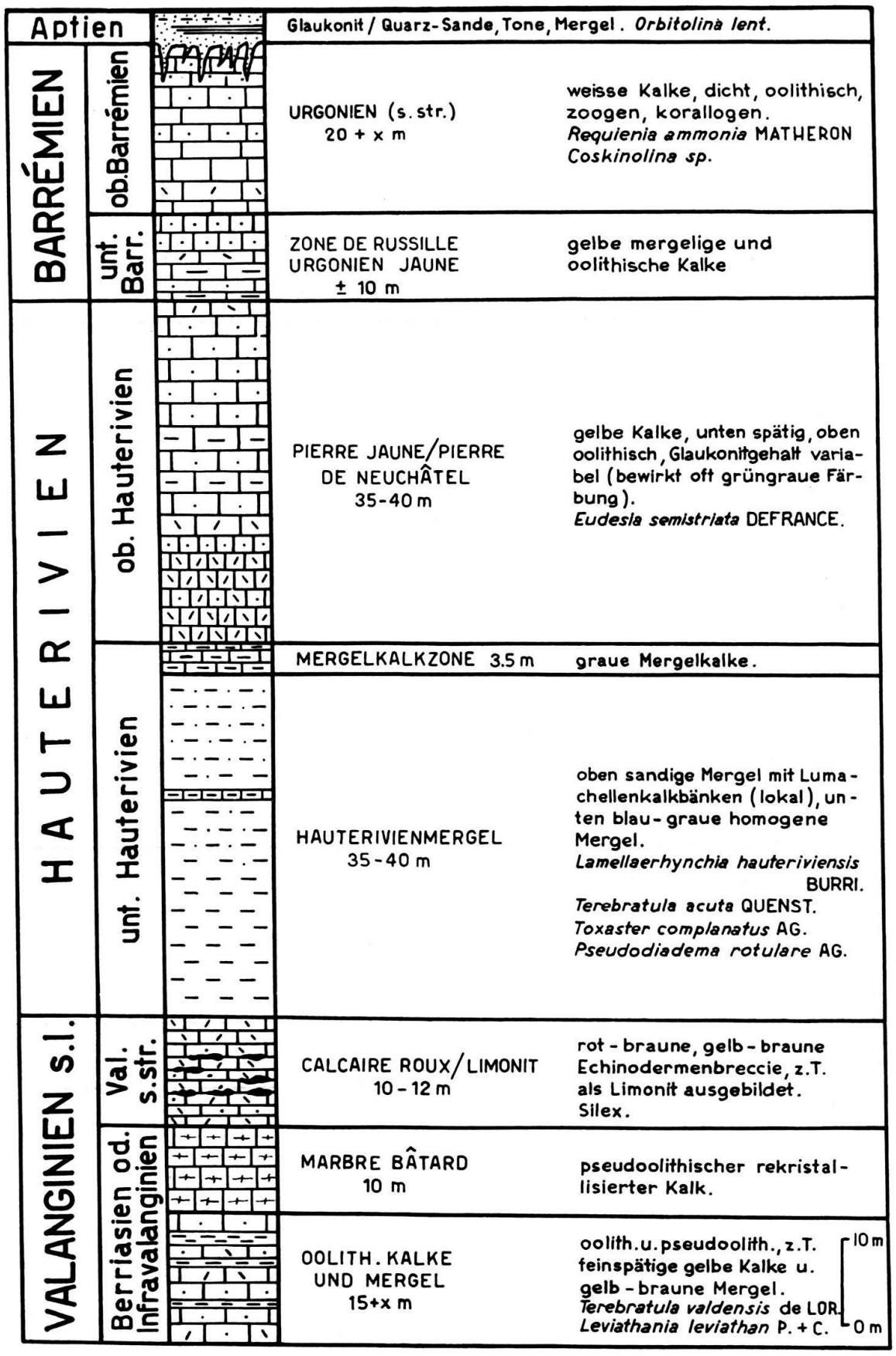


Fig. 5. Stratigraphisches Profil der Kreideablagerungen in der Umgebung von Grandson

auf einen römischen Steinbruch an dieser Stelle hingewiesen, der unmittelbar über dem heute in Betrieb stehenden Steinbruch liegt. Bearbeitete Urgonkalke von La Raisse sollen von den Römern bis ins Wallis transportiert worden sein. Man trifft sie in der Abtei von St. Maurice und in der Kirche von Liddes.

B. Taschenfüllungen

1. Taschenfüllungen in den Urgonkalken von La Raisse

Typische Taschenbildungen treten in den Urgonkalken der Bruchregion von La Lance und im Steinbruch von La Raisse (547,15/190,20) auf (vergl. Taf. I), wo der Steinbruchbetrieb immer neue Taschen und Klüfte erschliesst.

Es können Kluftfüllungen und eigentliche Taschen (vergl. Photos, Fig. 6) unterschieden werden. Viele Taschen scheinen ausgekolkte Klüfte zu sein. Übergänge beider Hohlraumtypen sind häufig zu beobachten. Alle diese Hohlräume sind relativ klein (vergl. Fig. 6), treten aber zahlreich auf. Die mit Füllmasse gefüllten Klüfte sind zum Teil tektonisch beansprucht (Rutschharnische, Füllmasse tektonisiert) und streichen sehr steil bis senkrecht einfallend in der dominierenden Kluftrichtung NW–SE. Andere Klüfte dagegen zeigen keinerlei tektonische Beanspruchung und streichen meist N–S oder W–E, wobei auch die Füllmasse in ungestörter Lagerung auftritt.

Die *Füllmasse* besteht vorwiegend aus grünen, sandigen und tonig-mergeligen Sedimenten, stellenweise auch aus roten Tonen. Grünsande oder grüne Tone und Mergel können mit roten Tonen in der gleichen Tasche auftreten. Gelegentlich ist eine Schichtung feststellbar, oft scheinen die Sedimente aber sekundär umgearbeitet worden zu sein, wobei zirkulierende Wässer, Setzungsbewegungen der Füllmasse oder tektonische Vorgänge (Einquetschung) eine Rolle gespielt haben mögen. Die geschichteten Partien müssen durch Wasser transportiert worden sein.

Die *Grünsande* sind meist durch kalzitisches Bindemittel zu Sandstein verfestigt, der fast ausschliesslich aus Quarz und Glaukonit besteht. Untergeordnet und unregelmässig angereichert tritt auch Pyrit auf, der auch im Nebengestein (Urgonkalk) häufig festzustellen ist. Der Glaukonit ist oft zu Limonit umgewandelt (= rote Tüpfchen). Die grünen Tone und Mergel führen regellos Quarzkörner, die roten Tone nur Quarzflitter.

Die *Quarzkörner* der Taschenfüllungen weisen Durchmesser von 0,2–0,5 mm auf. Die Körner sind meist schlecht gerundet. Nach der Nomenklatur von F. J. Pettijohn (1949) variieren die Körner aus den Taschen im Rundungsgrad von «angular», «subangular» zu «subrounded». Im reflektierten Licht zeigen die Quarzkörner unter dem Binokular (60fache Vergr.) vorwiegend durch Windwirkung matt bearbeitete Oberflächen; nur untergeordnet sind unbearbeitete und abgerundet-glänzende Körner, die auf Wassertransport schliessen lassen, feststellbar (vergl. A. Cailleux 1952).

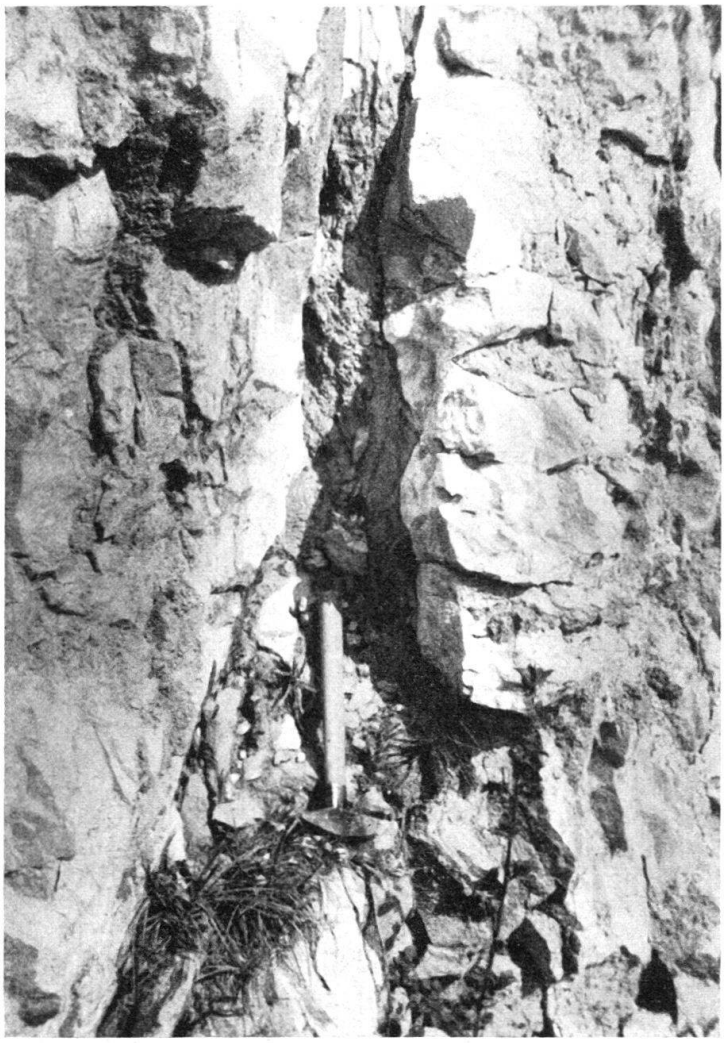
Vergleiche mit Wüstensanden aus der Sahara und mit Flugsanden aus dem Rheintal der Gegend von Mainz zeigten, dass die Bearbeitung der Oberfläche derjenigen der Quarzkörner aus den Taschen ähnlich ist. Verschieden ist dagegen der Rundungsgrad («subrounded» bis «well-rounded»). Vergleiche mit den Quarzkörnern aus dem Aptien von La Presta und aus dem Albien von Mouthier (Frank-

a

b

reich) zeigen, dass der Grossteil dieser Körner ebenfalls Windbearbeitung aufzuweisen scheint. Die abgerundet-glänzenden und die unbearbeiteten Körner treten häufiger auf als in den Taschen, doch sind sie zahlenmässig den matten Körnern stark untergeordnet.

Oft treten Tone, Mergel und Sande wechsellagernd auf. Die Lage der Fossilien (Orbitolinen) lässt auf eine aquatische Sedimentation der Füllungen schliessen. Die Fossilien zeigen keine Abrollungserscheinungen, ein längerer Transport dürfte deshalb kaum in Frage kommen.



c

Fig. 6. Taschen- und Kluftfüllungen in den Urgonkalken des Steinbruches von La Raisse bei Vaumarcus

a) Tasche mit roten Tonen und grünen Sanden (helle Partien).
b) Tasche mit roten Tonen, an den Taschenwänden grüne Mergel.
c) Kluft mit tektonisch nicht beanspruchten grünen Mergeln.

Fossilinhalt:

In den sandigen und mergeligen Partien konnten zahlreiche Exemplare von *Orbitolina lenticularis* (Blumenbach, 1805)

nachgewiesen werden. M. LYS (Paris), der sie bearbeitet hat, identifiziert sie mit den Orbitolinen aus dem Aptien der Perte du Rhône. Auch lithologisch kann man die Gesteine mit dem Profil der Perte du Rhône vergleichen. Es handelt sich um die von A. JAYET (1926, S. 168) beschriebenen Niveaux 12 (= rote Tone) und 17 (= grüne Mergel und Sande mit *Orbitolina lenticularis*) des untern Aptien. Andere Fossilien konnten nicht nachgewiesen werden.

Entstehung der Taschen, Herkunft der Füllmasse

Die Taschenhohlformen sind durch Auskolkung entstanden. Ausserdem sind auch Klüfte mit Sanden und Mergeln (nur grünes Material) gefüllt, wobei die Klüfte auch sekundär noch ausgekolkt sein können. Nach unseren Untersuchungen kann folgender Ablauf der geologischen Vorgänge stattgefunden haben.

A) REGRESSION UND DENUDATION AM ENDE DES URGONS

Auf eine Regression im oberen Barrémien und untersten Aptien hat schon E. BAUMBERGER (1901, S. 37) in seinen Faziesstudien über die Untere Kreide hingewiesen. Durch regionale Denudation wurden die Sedimente der Untern Kreide durchkarstet, wobei in unserem Gebiet die Urgonkalke ausgekolkt wurden.

Auf Festlandsperioden während der Unteren Kreide haben verschiedene Autoren hingewiesen, so P. RÖTHLISBERGER (1923, S. 4), E. BAUMBERGER (1901, S. 37) und in neuerer Zeit R. MURAT (1956) und J. W. SCHROEDER (1957, S. 23). R. MURAT hat im autochthonen Barrémien von Saint Maurice (Wallis) klastische Füllungen von Hohlräumen in den Kalken nachgewiesen, die eindeutig im obersten Barrémien/untersten Aptien gebildet und durch das transgressive mittlere Aptien überlagert wurden.

Ähnliche Verhältnisse konnte ich beim Besuch der Asphaltmine von La Presta im Val de Travers feststellen, wo in den obersten asphaltführenden Urgonkalken Taschen, Linsen und Klüfte mit grünen Aptienmergeln (vergl. Photos in M. FREY 1922, S. 5) auftreten. Nach M. FREY (S. 9) handelt es sich um untere Aptienmergel mit Orbitolina lenticularis, Quarz, Glaukonit und Pyrit, die denen von La Raisse sehr ähnlich sind.

In La Presta werden die Urgonkalke mit diesen Taschen und Klüften durch normalgelagerte Aptienmergel (7 m), Albienmergel (25 m) und Cénomanienkalke (12 m) überlagert. Es handelt sich also bei diesen Taschen um Bildungen, die in Hohlräume sedimentiert wurden, die am Ende des Urgons gebildet wurden. M. FREY (1922, S. 9) erwähnt zudem eine rostrote Verwitterungsschicht mit Gips- und Ferrosulfatkristallen im Dach des Urgons, was ebenfalls auf eine Festlandsperiode zu dieser Zeit schliessen lässt. Bei den Füllungen handelt es sich eindeutig um Material, das mit dem hangenden Aptien identisch ist.

B) TRANSGRESSION UND SEDIMENTATION VON MESO-KRETAZISCHEN SEDIMENTEN

Im Aptien erfolgte eine teilweise Absenkung und Überflutung der verkarsteten Gebiete und Ablagerung von Aptien-Grünsanden, Tonen und Mergeln in die Hohlräume.

Auf eine meso-kretazische Transgression und Füllung von schon vorhandenen Hohlräumen haben sowohl H. SCHARDT (1901, S. 128) als auch L. ROLLIER (1898, S. 521) und in neuerer Zeit R. MURAT (1956) hingewiesen. Die beiden erstgenannten Autoren beschreiben Ablagerungen von Albiensedimenten in Taschen, R. MURAT dagegen Aptiensedimente.

C) REGRESSION UND DENUDATION IN DER OBEREN KREIDE BIS INS EOZÄN

Gegen Ende der Kreidezeit (Maestrichtien) erfolgte im Jura erneut eine Regressionsphase mit anschliessender Denudation, Karsterosion und Taschenbildung. Diese Taschen wurden mit Quarzsanden, Bolustonen und Bohnerzbildungen gefüllt[4]), wobei mit der Möglichkeit gerechnet werden muss, dass diese sekundäre Verkarstung bis in die in der mittleren und unteren Kreide entstandenen Bildungen gereicht hat und somit Taschen mit zwei Bildungsphasen vorhanden wären, eine Möglichkeit, die schon H. SCHARDT (1905, S. 228) erwogen hat.

Die in La Raisse beobachteten roten Tone könnten sowohl dem Aptien als auch dem Alttertiär angehören. Da Eozänfossilien fehlen und vereinzelt Übergänge von rot zu grau bis grünlichgrau festgestellt werden, scheint Aptien-Alter eher wahrscheinlicher.

Das alttertiäre Siderolithikum war eine Zeit der Entkalzifizierung der Sedimente (E. FLEURY 1909, S. 31, 33). Die eozänen Bolustone und Huppersande sind fast kalkfrei. In den Taschen von La Raisse treten aber Sandsteine mit reichlich kalkigem Bindemittel auf. Glaukonit ist massenhaft vertreten und Pyrit tritt sehr häufig auf. In eozänen Verwitterungsprodukten kennt man diese Mineralien nicht. Sie sind zu Hämatit und Limonit, Gips usw. umgewandelt worden. Natürlich könnten diese Mineralien nach kurzem Transportweg ihre ursprüngliche Zusammensetzung aufweisen, doch scheint dies unter den klimatischen Bedingungen während des Eozäns (A. BERSIER & H. BADOUX 1937) nicht wahrscheinlich. Auch spricht der gute Erhaltungszustand der Orbitolinen gegen einen Transport.

2. Taschenfüllung in den Hauterivienkalken von Onnens

In den oberen Hauterivienkalken im Steinbruch nördlich Onnens (542,40/188,38) ist ca. 4 m über der Steinbruchbasis eine Tasche aufgeschlossen (= 90 × 50 × X cm). Der von oben zu der Tasche führende Schlot ist ca. 11 m lang und teilweise dem Steinbruchbetrieb zum Opfer gefallen. Bei der Füllmasse handelt es sich um gutgeschichtete Tone und Sande:

oben: 5. loser grauer Sand mit Tonlinsen. 5 cm
4. grauer Sandstein, leicht zerreibbar. 10 cm
3. graue, feine, muscheligbrechende Tone. 15 cm
2. grauer, harter Sandstein. 10 cm
1. bräunlicher, loser Sand mit feinsten Mergellagen. 10 cm

Im Schlämmrückstand der sandigen Partien konnten neben Quarz und Glaukonit 3 Bruchstücke von ? Seeigelstacheln festgestellt werden. Die verfestigten

[4]) Vgl. E. FLEURY 1909, L. ROLLIER 1910, F. LEUTHARDT 1911, A. SENN 1928, W. CUSTER 1928, A. BERSIER & H. BADOUX 1937.

Horizonte sind durch kalzitisches Bindemittel verkittete glaukonitführende Quarzsandsteine. Vergleiche mit Proben von Albiensanden von Mouthier (Frankreich) und von Noirvaux Dessus-La Vraconnaz zeigen eine auffallende Ähnlichkeit, nur ist der Glaukonitgehalt in der Taschenfüllmasse von Onnens niedriger. Ob es sich um eine meso-kretazische oder um eine eozäne Bildung handelt, kann nicht entschieden werden.

C. MOLASSE

BISHERIGE UNTERSUCHUNGEN

S. Chavannes (1856) beschreibt als erster eine Folge von Sandsteinen und bunten Mergeln vom Südufer der Brinaz, die er mit der «Molasse grise» von Lausanne parallelisiert.

E. Renevier (1869) erwähnt aquitane Molasse aus dem Gebiet zwischen Champvent und Peney und gibt ein Profil über die geologische Situation am Jurafuss.

Im gleichen Jahr erscheint die erste Auflage des Blattes XI der «Carte géologique de la Suisse 1:100000» von A. Jaccard. Die Molasse des Untersuchungsgebietes ist ohne Differenzierung der einzelnen Stufen als untere Süsswassermolasse eingetragen. Im Textband zu dieser geologischen Karte (A. Jaccard 1869, S. 275) weist er auf ein Molassevorkommen bei La Lance hin, das heute nicht mehr aufgeschlossen, aber zur Beurteilung der Tektonik von Bedeutung ist.

Sehr eingehend behandelt H. Schardt (1880) die «Molasse rouge» am Jurafuss. Von der Brinaz beschreibt er mächtige glimmerreiche Sandsteine, wechsellagernd mit Mergeln, die sich bis gegen das Dorf Peney hin erstrecken. In Longeville soll die «Molasse rouge» auf Portlandien liegen, was nach unseren Untersuchungen nicht zutrifft. Zudem sei sie im Arnontal bei Vugelles in einer Synklinale vorhanden. Diese falsch interpretierten Verhältnisse gibt er in einem Profil wieder. Es zeigt sich, dass Schardt das bei Charrières aufgeschlossene Bergsturzmaterial als anstehendes Portlandien aufgefasst hat und daher eine Antiklinale in der Gegend von Longeville annehmen musste. Nach ihm bildet die Molasse auch die Basis des Plateau von Novalles, den Untergrund des Moores von Fiez und die Hügel gegenüber von Bonvillars und Onnens. Genauere Angaben fehlen. Die «Molasse rouge» soll bis Concise unter mächtigen diluvialen Ablagerungen anstehen.

Schardt stellt die «Molasse rouge» ins untere Aquitanien. 1909 (S. 387) gibt er ein Profil vom Strasseneinschnitt von La Poissine bei Onnens. Die Stelle ist heute leider durch künstliche Aufschüttungen verdeckt. Es war eine 5 m mächtige Serie aus Süsswasserkalken, Sandsteinen und Mergeln sichtbar, die Schardt ins obere Aquitanien stellt. Arn. Heim und Ad. Hartmann (1919) erwähnen einen, anlässlich einer Hausfundation entdeckten Ölsand bei Onnens, ohne nähere Beschreibung. Er soll Ähnlichkeit mit demjenigen von Orbe aufweisen.

H. E. Althaus (1947) fasst die Arbeiten der Petroleumexpertenkommission (PEK) zusammen und stellt die Ablagerungen am Südrand des Untersuchungsgebietes ins Stampien. Die in derselben Publikation erschienene Karte gibt nur über den südlichen Teil des Gebietes Aufschluss.

H. A. Jordi (1955), dessen Arbeitsgebiet im Süden an unser Gebiet angrenzt, hat wesentlich zur Klärung der Molasse-Stratigraphie auch in unserem Gebiet beigetragen.

Aus Mergeln bei Grandson hat H. Oertli (1956, S. 41) brackische, für oberes Chattien leitende Ostrakoden beschrieben.

Tab. 1. Gliederung der Molasse.

Aquitanien	Serie der obern bunten Mergel
Ober-Stampien	Serie der Gipsmergel Serie der Süsswasserkalke Serie der Grès de Mathod Serie der untern bunten Mergel

Für die Molasse unseres Gebietes konnte die Gliederung von H. A. Jordi (1955) übernommen werden. Leithorizonte, die sich über grössere Distanzen erstrecken, fehlen, so dass sich die lithologische Gliederung äusserst schwierig gestaltete, doch konnten die Serien zum Teil dank Fossilfunden stratigraphisch eingestuft werden.

Stampien

Im Untersuchungsgebiet ist nur das Mittel- und Oberstampien der Säugetierpaläontologen oder das Oberstampien der Molluskenstratigraphie aufgeschlossen.

Tab. 2. Gliederung des Stampien

Mollusken-Stratigraphie	Säugetier-Stratigraphie
Chattien = Oberstampien	Oberstampien
	Mittelstampien
Rupélien = Unterstampien	Unterstampien

In vorliegender Arbeit wird der Begriff Chattien als Zeitbegriff für das obere Stampien (Molluskenstratigraphie) verwendet.

1. Serie der untern bunten Mergel (Molasse rouge)

a) Lithologie, Mächtigkeit und Verbreitung

Es handelt sich um eine Gesteinsserie, die im Liegenden der Grès de Mathod auftritt. Die isolierten Aufschlüsse gehören in die oberen 90–100 m der Serie. Bunte, rote, violette, graublaue, meist gefleckte Mergel und Tone herrschen vor, Sandsteine treten stark zurück. Die Mächtigkeit der «Serie der untern bunten Mergel» soll nach H. A. Jordi (1955, S. 31) 150–300 m, nach den Untersuchungen der PEK (H. E. Althaus 1947, S. 4) $\pm$ 300 m betragen, wobei im Untersuchungsgebiet möglicherweise mit einer etwas geringeren Mächtigkeit zu rechnen ist (prä-

molassische Vorfalten). Eine genaue Bestimmung ist nicht möglich, schätzungsweise beträgt sie ungefähr 120 m.

Die «Untern bunten Mergel» treten östlich Vugelles im Arnontal auf. Ihre Ausdehnung ist schwierig festzustellen, da Moränen, Bergsturz- und Rutschungsmaterial und Alluvionen die Serie bedecken. Die ausgedehnten Rutschungen an Talhängen lassen auf einen vorwiegend mergeligen Untergrund schliessen. Im Bois de la Râpe ist unterhalb der kleinen Brücke über einen Zufluss des Arnon auf 530 m (535,60/186,25) folgendes Profil von oben nach unten aufgeschlossen[5]):

1. 80 + x cm rote bis violette Mergel mit grauen, sandigen Partien, teilweise tonig.
2. 100 cm grau-blaue, sandige Mergel.
3. 110 + x cm rote, teilweise sandige Mergel.

Isolierte Aufschlüsse in bunten untern Mergeln fanden sich am Südufer des Arnon östlich Vugelles (534,63/186,20) und am Nordufer des Arnon südöstlich Novalles (535,40/186,40).

b) Fossilführung, Fazies und Alter

Im oben beschriebenen Profil aus dem Bois de la Râpe wurde in Horizont 1

Tectochara conica MÄDLER[6])

gefunden.

Die gleiche Art fand sich auch im Aufschluss am Südufer des Arnon (534,63/186,20).

Tectochara conica scheint im Untersuchungsgebiet auf das untere Chattien beschränkt zu sein. Auf jeden Fall wurde die Art in der hangenden Süsswasserkalkzone und in den Gipsmergeln nicht nachgewiesen.

In Horizont 1 des Profils vom Bois de la Râpe fanden sich ausserdem Kalkknöllchen mit einem Durchmesser < 1 mm. Nach der Untersuchung durch Herrn H. BRÄM handelt es sich um Kalkkonkretionen, die periodisch von den Kalkdrüsen von Regenwürmern der Gattung *Lumbricus* ausgeschieden werden (vgl. H. BRÄM 1956, S. 598).

Die «Serie der untern bunten Mergel» scheint eine rein limnische Ablagerung zu sein und keine brackischen Einflüsse aufzuweisen.

2. Serie der Grès de Mathod

Der Begriff wurde von H. A. JORDI (1955, S. 36) übernommen. Es handelt sich um einen Sandsteinkomplex im Liegenden der Süsswasserkalkzone, der auch lithologisch mit dem Typ der «Grès de Mathod» übereinstimmt.

Er ist südlich der Arnonbrücke bei P. 492 in 510 m (535,85/186,02) aufgeschlossen. Der ca. 2 km westlich von dieser Lokalität gelegene isolierte Sandsteinaufschluss 30 m über dem Weg nach Le Moulin (536,10/186,17) in 530 m kann mit Vorbehalt an die Basis der «Grès de Mathod» gestellt werden.

---

[5]) Die petrographische makroskopische Klassifikation der Molassesedimente wurde von R. RAMSEYER (1952) übernommen.

[6]) Die Charophyten wurden von Herrn K. MÄDLER bestimmt (vgl. K. MÄDLER 1955).

Im Aufschluss südlich P. 492 ist nur die obere Partie des Komplexes aufgeschlossen. Unter der Basis der Süsswasserkalkzone beobachtet man:

1. 25 cm hellgrauer, sandiger, gebankter Mergelkalk.
2. 250 + x cm hellgrauer Kalksandstein, massig, blättrig abwitternd. Stellenweise ist in diesem Sandstein Glaukonit feststellbar.

Der obere Horizont (1) ist faziell den «Grès de Mathod» ähnlicher als der darüberliegenden Süsswasserkalkzone. Der aus dem zweiten erwähnten Aufschluss stammende Sandstein ist grau-braun und weist fast kein Bindemittel auf. Muskovit ist sehr häufig vertreten; Glaukonit und Chlorit geben dem Gestein die graubraune Farbe mit einem Stich ins grünliche.

Fossilien konnten nicht nachgewiesen werden. Die von H. A. Jordi (1955, S. 36) im Dach der Serie beschriebenen Mergel sind in unserem Gebiet nicht abgelagert worden. Über dem Sandsteinkomplex folgt direkt die Süsswasserkalkzone. Die Mächtigkeit kann auf ca. 15 m geschätzt werden.

3. Serie der Süsswasserkalke

a) Lithologie, Mächtigkeit und Verbreitung

Über den «Grès de Mathod» tritt eine Gesteinsfolge von Süsswasserkalken, wechsellagernd mit Mergeln und Sandsteinen, auf. Dolomitbänke, wie sie H. A. Jordi (1955, S. 41) beschrieben hat, sind in unserem Gebiet nirgends aufgeschlossen.

Die «Serie der Süsswasserkalke» ist ein wichtiger Leithorizont in der chattischen Molasse der Westschweiz und von verschiedenen Autoren beschrieben worden. Nach den Ausführungen der PEK eignet sich diese Serie vorzüglich für die Kartierung im Gelände. Sie lässt sich in der ganzen juranahen Zone des westschweizerischen Mittellandes nachweisen (H. E. Althaus 1947, S. 4). Auch J.-P. Vernet (1956, S. 197) beschreibt die Serie aus der Gegend von Morges. W. Custer (1928, S. 35) hat sie an der Venoge, am Veyron und Talent bis nach Yverdon hin festgestellt.

Süsswasserkalke: Es handelt sich um graue bis bräunliche, harte, ± poröse, teilweise stark löcherige Kalke, die oft Schalenreste von Gastropoden (Planorben, Limnaeen) führen. Auffallend ist der stark bituminöse Geruch, der beim Anschlagen des Gesteins festzustellen ist. Die Kalke treten in Bänken von einigen dm bis einigen m Mächtigkeit auf. Im Schliff sind neben kryptokristallinem Kalzit einige wenige Quarzflitter und Schalenquerschnitte sichtbar.

Der feinste Schlämmrückstand eines Süsswasserkalkes aus der Süsswasserkalkzone (536,85/186,02), Schicht 8 (vgl. Profil S. 24), zeigt bei 5000 bis 20000-facher Vergrösserung folgendes Bild:

Neben spärlichen Kalzit-Rhomboedern, seltenem Kaolinit mit hexagonalen Umrissen, ? Montmorillonit oder ? Illit treten zahlreiche Kalzitpartikel mit uncharakteristischen Umrissen auf (vgl. Fig. 7).

Ob es sich beim Mineral mit unregelmässigen Umrissen (Fig. 7, Bild a und ab) um Montmorillonit oder Illit handelt, kann elektronenmikroskopisch nicht entschieden werden. Der Habitus spricht eher für Montmorillonit (vgl. R. E. Grim 1953, S. 116), wobei es fraglich ist, ob es sich um Einschwemmung oder eine Neubildung handelt.

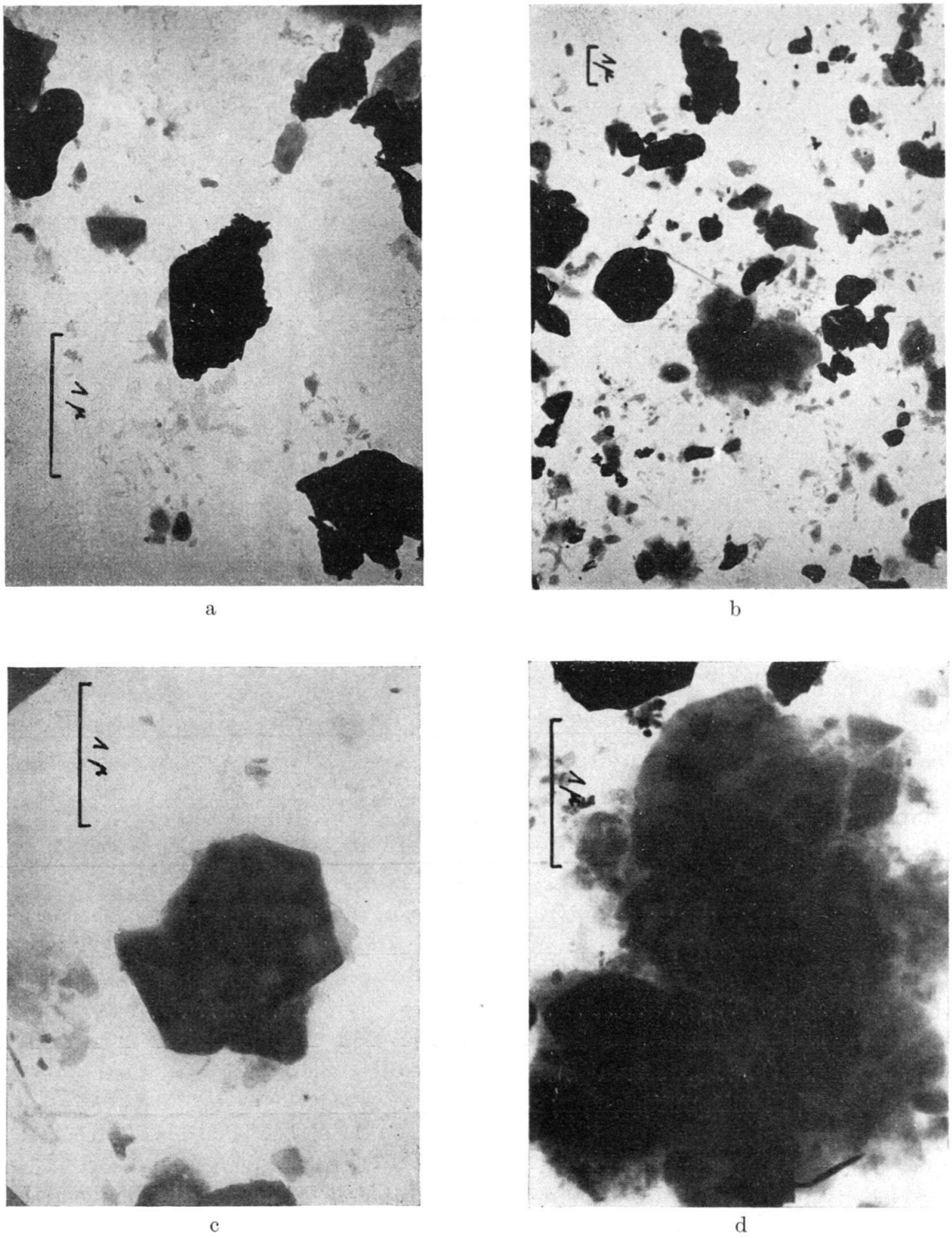


Fig. 7. Elektronenmikroskopische Aufnahmen von Süsswasserkalken aus dem Chattien von Fiez-Novalles

a) Vergr. 20000-fach, Kalzit-Rhomboeder.
b) Vergr. 5000-fach, ? Montmorillonit und Kalkdetritus.
c) Vergr. 20000-fach, Kaolinit mit hexagonalen Umrissen.
d) Vergr. 20000-fach, ? Montmorillonit (vgl. b).

Eigentliche Seekreideablagerungen, wie sie H. A. Jordi (1955, S. 40) beschreibt, wurden nicht beobachtet.

Mergel: Meist graue oder grau-gelb-gefleckte Mergel, die oft sandig ausgebildet sind. Sie treten in Lagen von einigen dm Dicke auf und enthalten Schalentrümmer von Süsswassergastropoden (? *Plebecula ramondi*). Chara-Oogonien sind häufig.

Sandstein: Es handelt sich um einen grauen, weichen Sandstein, der nur im obern Teil der Serie auftritt.

Profil südlich der Arnonbrücke (P. 492), in 515 m (536,85/186,02), von oben nach unten (an der Basis «Grès de Mathod, vgl. S. 239).

1.	45 + x cm	grauer Mergel.
2.	25 cm	rötlich-brauner, poröser Süsswasserkalk, stark bituminös, Fossiltrümmer.
3.	35 cm	dunkelbrauner, mergeliger Süsswasserkalk, mergelige Partien, bituminös.
4.	20 cm	hellgrauer Kalkmergel mit *Chara*, Schalentrümmern und unbestimmbaren Kleingastropoden.
5.	40 cm	grauer, sandiger Kalkmergel.
6.	40 cm	grauer, lockerer Sandstein.
7.	10 cm	grauer Mergel.
8.	35 cm	rötlich-brauner, poröser Süsswasserkalk, mit feinen Mergellagen, bituminös[7]).
9.	25 cm	grau-gelb gefleckter Mergel mit unbestimmbaren Ostrakoden.
10.	360 cm	grauer, poröser Süsswasserkalk, gebankt, mit vereinzelten feinsten Mergellagen, Schalentrümmer, bituminös.
11.	15 cm	graue Mergel mit Schalentrümmern.
12.	30 cm	rötlich-brauner, poröser Süsswasserkalk, bituminös.
13.	10 cm	graue Kalkmergel, schlechterhaltene *Chara*-Oogonien.
14.	20 cm	grau-brauner Süsswasserkalk mit Gastropodenresten, porös, bituminös.
15.	35 cm	graue Kalkmergel, *Chara*.
16.	30 cm	grau-brauner Süsswasserkalk, porös, bituminös.
17.	25 cm	grauer, dichter Kalkmergel, *Chara*.
18.	45 cm	grauer, poröser Süsswasserkalk, bituminös riechend.
19.	20 cm	grauer Mergelkalk.
20.	160 cm	grau-brauner Süsswasserkalk, bituminös, mit vereinzelt feinsten Mergellagen.
21.	30 cm	grauer Kalkmergel mit Schalenresten.

Die Mächtigkeit der «Serie der Süsswasserkalke» kann nicht genau ermittelt werden, da sie nur teilweise aufgeschlossen ist und der obere Teil mit der eventuell vorhandenen Dolomitzone im Gebiet nirgends zu beobachten ist. H. A. Jordi (1955, Tafel IV) gibt eine Mächtigkeit von 15–20 m, J.-P. Vernet (1956, S. 196) von 20 m an. Das oben beschriebene Profil stellt den einzigen Aufschluss der Süsswasserkalkzone in unserem Gebiet dar. Der relativ harte Komplex lässt sich auch morphologisch nicht nachweisen.

b) Fossilführung, Alter und Fazies

Es wurden folgende Charophyten gefunden und von Herrn K. Mädler bestimmt:

[7]) Vgl. elektronenmikroskopische Aufnahmen S. 240, Fig. 7.

Schicht 4 (vgl. Profil): *Tectochara meriani* (AL. BR.) GRAMBAST *meriani* PAPP.
Tectochara straubi MÄDLER.
Tectochara ulmensis (STRAUB) MÄDLER.
Rhabdochara langeri (ETTHS.) MÄDLER.
Kosmogyra ovalis MÄDLER.
Nodosochara nov. spec.
Sphaerochara granulifera (HEER) MÄDLER.
Schicht 15 *Tectochara escheri* (AL. BR.) MÄDLER.
Schicht 17 *Tectochara escheri* (AL. BR.) MÄDLER.
Ferner wurden gefunden: unbestimmbare Kleingastropoden (Heliciden, Planorben, Limnaeen) in Schicht: 4, 10, 11, 14, 21. Unbestimmbare Ostrakoden in Schicht 9. Fragliche Schalenreste von *Plebecula ramondi* (BRGT.) in Schicht 4.

Nach einer Mitteilung von Herrn K. MÄDLER sind *Tectochara straubi* und *Sphaerochara granulifera* bis jetzt nur aus dem Chattien bekannt. *Tectochara escheri* ist eine Form des Chattien, kann aber gelegentlich auch in jüngeren Sedimenten auftreten. Die Schalenreste von ? *Plebecula ramondi* und die Stellung im Schichtverband sprechen ebenfalls für eine Zuweisung zum Chattien. Nach H. A. JORDI wäre die Serie an die Basis des oberen Chattien zu stellen. Die Grenzziehung zwischen unterem und oberem Chattien beruht auf rein lithologischen Kriterien. Die Süsswasserkalkzone stellt eine rein limnische Ablagerung dar; marine oder brackische Einflüsse sind nicht nachweisbar.

4. Serie der Gipsmergel

a) Lithologie, Mächtigkeit und Verbreitung

Auch diese Serie ist sehr unvollständig aufgeschlossen. Gips konnte in unserem Gebiet nur als Bindemittel in Sandsteinen und Mergeln durch Fällung mit Bariumchlorid in wenigen Proben nachgewiesen werden. Die von H. A. JORDI (1955, S. 47) beschriebenen, stark gipshaltigen Gesteine sind entweder nicht aufgeschlossen oder der Gipsgehalt ist auf ein Minimum reduziert worden. Ein deutlicher Gipsgehalt war in zwei Mergelproben vom Bach bei Le Verger nördlich Grandson (540,15/185,08) nachweisbar, wo auch brackische Ostrakoden gefunden wurden. Ein schwacher Gipsgehalt ist in einem sandigen Mergelkalk (Kalkmergel) im Bois de la Râpe (537,42/185,77) vorhanden. Da in den aquitanen Sedimenten des Untersuchungsgebietes keine Leitfossilien gefunden werden konnten, ist die Grenze Chattien/Aquitanien nur willkürlich zu ziehen. Durch Konstruktion (obere Grenze der Serie über den bituminösen Sandsteinen und Mergeln von Longeville und unter den aquitanen (?) Sandsteinen und Mergeln von Orges, vgl. Tafel I) ergibt sich eine Mächtigkeit der «Serie der Gipsmergel» von $\pm$ 70 m, was mit den Angaben von H. A. JORDI (1955, S. 52) übereinstimmt. J.-P. VERNET (1956, S. 198) gibt eine Mächtigkeit der Gipsmergel in der Umgebung von Morges von 170 m an. Die Serie nimmt also gegen Süden stark an Mächtigkeit zu, was auch für die «Serie der untern bunten Mergel» (vgl. S. 237) der Fall zu sein scheint. Die juranahen Molasseserien sind im allgemeinen geringmächtiger als die weiter im Süden und Osten abgelagerten Sedimente.

Die Gesteine

Kalke: Die grauen, braunen, rötlich-braunen oder weisslichen bituminösen Kalke sind denjenigen der Süsswasserkalkzone sehr ähnlich. Sie enthalten ebenfalls oft Schalenreste.

Seekreidekalke: Erdige, feinkörnige, teilweise löcherige Karbonatgesteine, die weiss oder rotbraun gefärbt sind. Gelegentlich mit Schalentrümmern (? *Plebecula ramondi*).

Mergel und Tone. Es können folgende Gruppen unterschieden werden:

1. Sandige, graue, z. T. bituminös riechende Mergel, Kalkmergel und Mergelkalke, die oft Pflanzenhäcksel führen, wie sie auch von H. A. Jordi (1955, S. 45) aus der «Serie der Gipsmergel» erwähnt werden.
2. Graue, grau-gelbe und grau-braune, gefleckte Mergel.
3. Dunkelgraue und dunkelgrau-braune Silt-Tone.

Sandsteine: Vorwiegend weiche Sandsteine von dunkelgrauer, hellgrauer oder brauner Farbe, teilweise bituminös riechend. Auffallend ist der hohe Gehalt an Muskovit und der geringe Gehalt melanokrater Gemengteile. Gips konnte nur in wenigen Mergeln und sandigen Kalkmergeln nachgewiesen werden.

Die dominierende Farbe der Serie ist grau; bunte Farbtöne sind nur im unteren Chattien und im Aquitanien vorhanden.

Die «Serie der Gipsmergel» ist im Arnontal auf der südlichen Talseite im Bois de la Râpe (536,85/186,00) unmittelbar im Hangenden der Süsswasserkalkzone als löcheriger, mergeliger Sandstein, ca. 500 m südöstlich davon (537,42/185,77) als dünnplattiger, sandiger Kalkmergel (Mergelkalk) mit Pflanzenhäcksel aufgeschlossen. Ferner sind am Südufer des Arnon ca. 50 m oberhalb der Strassenbrücke von La Poissine Sandsteine, Süsswasserkalke und Seekreideabsätze, am Bach bei Le Verger nördlich Grandson dunkelgraue Mergel der Gipsmergelserie aufgeschlossen.

Vom Strasseneinschnitt von La Poissine hat H. Schardt (1909, S. 387), das folgende, heute nicht mehr zugängliche Profil beschrieben:

11.	40 cm	grau-gelber, glimmerreicher Sandstein, z. T. tonig.
10.	20 cm	grau-gelber, toniger Mergel, knollig.
9.	120 cm	grauer, sandiger Mergel, oben knollig.
8.	60 cm	grau-brauner Süsswasserkalk, gebankt, löcherig.
7.	15 cm	gelb-grauer, toniger Mergel.
6.	7 cm	bräunlicher, poröser Süsswasserkalk.
5.	65 cm	grau-gelber, toniger Mergel.
4.	60 cm	grau-brauner Süsswasserkalk.
3.	25 cm	grauer, kreidiger Mergel, glimmerreich.
2.	25 cm	grauer, glimmerreicher Sandstein.
1.	40 cm	gelb-grünlicher, sandiger, glimmerreicher Mergel.

Nach H. Schardt handelt es sich bei diesen Gesteinen um ober-aquitane Ablagerungen. Stratigraphisch liegt diese Serie über der Serie der Süsswasserkalke und unter den Mergeln von Le Verger nördlich Grandson, in denen sicher ober-chattische Ostrakoden gefunden wurden. Ferner sind die von Schardt beschriebenen Gesteine lithologisch den an der oberen Brinaz aufgeschlossenen Süsswasserkalken, Mergeln

und Sandsteinen, in welchen das chattische Leitfossil *Plebecula ramondi* gefunden wurde, sehr ähnlich. Die schon erwähnten Gesteine am Südufer des Arnon (541,70/186,70) aus einem isolierten Aufschluss sind mit den von H. SCHARDT beschriebenen Gesteinen identisch.

In Longeville (534,88/185,30) konnte unter dem Bauernhof an der Strasse Orges–Vugelles in einem Stollen folgendes Profil (von oben nach unten) aufgenommen werden:

1.	20 + x cm	löcheriger, grauer Kalkmergel, bituminös, Schalenreste (Limnaeen, Heliciden).
2.	15 cm	grauer Kalkmergel, teilweise sandig, Kleingastropoden, bituminös.
3.	15 cm	grauer, sandiger, bituminöser Mergel mit Schalenresten.
4.	35 cm	dunkelbrauner, bituminöser Sandstein.
5.	100 + x cm	grau-gelber, lockerer Sandstein.

Diese Gesteinsfolge liegt nach Konstruktion ca. 65 m über der Süsswasserkalkzone und ist ins Dach der «Serie der Gipsmergel» zu stellen, da bei Orges (vgl. Tafel I) schon Mergel und Sandsteine der «Serie der obern bunten Mergel» anstehen.

An der oberen Brinaz (533,12/182,85) fällt eine Serie von Süsswasserkalken, Mergeln und Sandsteinen mit 70° nach Norden. Folgendes Profil ist teilweise an der Brinaz und teilweise am darüberliegenden Weg aufgeschlossen (von oben nach unten):

1.	20 + x cm	grün-graue Mergel.
	150 cm	Aufschlusslücke.
2.	50 cm	dunkelgrauer Mergel mit *Plebecula ramondi* (BRGT.), Characeen und Schalentrümmern.
	100 cm	Aufschlusslücke.
3.	300 cm	graue, sandige Mergel und mergelige Sandsteine.
4.	40 cm	brauner Süsswasserkalk.
5.	30 cm	graue Mergel.
	200 cm	Aufschlusslücke.
6.	150 cm	graue Mergel mit Süsswasserkalken wechsellagernd.
7.	860 cm	grauer, poröser (löcheriger), z. T. mergeliger Sandstein.
8.	50 cm	grau-brauner, poröser Süsswasserkalk, gebankt.
9.	40 cm	hellgrau-gelb gefleckter Mergel.
10.	30 cm	grau-brauner, poröser Süsswasserkalk.
11.	150 + x cm	hellgraue, sandige Mergel.

H. A. JORDI beschreibt Gipsmergel von Champvent und erwähnt die oben beschriebene Serie im Zusammenhang mit der Bruchzone Chamblon–Baulmes–Jura (H. A. JORDI 1955, S. 48, 68).

b) Fossilführung, Fazies und Alter

In Schicht 2 des oben beschriebenen Profils wurden gefunden:

Plebecula ramondi (BRGT.).

Tectochara cf. *escheri* (AL. BR.) MÄDLER.

Plebecula ramondi ist für das Chattien leitend. *Tectochara* cf. *escheri* ist nach K. MÄDLER zwar für das Chattien nicht leitend, tritt aber fast ausschliesslich in dieser Stufe auf. Lithologie und Fazies sprechen für eine Zuweisung zur Gips-

mergelserie. Aus Konstruktionen ergibt sich, dass obige Serie im Hangenden der Süsswasserkalkzone liegt, die von H. A. Jordi (1955, S. 68) an der Strasse Montagny–Rances (535,50/182,08) nachgewiesen wurde.

Aus dunklen, grau-blauen Mergeln am Bach bei Le Verger nördlich Grandson (540,15/185,08) konnten die von H. Oertli bestimmte Ostrakodenart

Cytheridea genavensis Oertli

gefunden werden. Nach H. Oertli (1956, S. 41) handelt es sich um eine brackische Form des obern Chattien. Ausser diesen Ostrakoden konnten keine brackischen Fossilien in der «Serie der Gipsmergel» gefunden werden. Die z. T. brackische Fazies der Serie scheint im Untersuchungsgebiet auf den obern Teil beschränkt zu sein.

Aquitanien

5. Serie der oberen bunten Mergel

Die dem Aquitanien auf Grund der lithologischen Ausbildung zugeordneten Sedimente haben keine Leitfossilien geliefert, so dass die Abgrenzung gegen das Chattien unsicher bleibt.

Die Grenze wurde dort gezogen, wo Sandsteine häufiger werden und im Gegensatz zu den grauen, monotonen Farben der «Serie der Gipsmergel» buntere Pelite auftreten. Das Fehlen von Süsswasserkalken und Seekreideablagerungen kann für das Aquitanien ebenfalls als kennzeichnend gelten. Gips als Bindemittel konnte nicht festgestellt werden.

a) Lithologie, Verbreitung und Mächtigkeit

In dieser Serie treten vorwiegend Sandsteine und Mergel, und nur untergeordnet auch Tone, auf.

Sandsteine: Oft mit Knauern durchsetzt, massig bis gebankt, teilweise diagonal geschichtet. Mergelknollen und Mergelgeröllhorizonte sind häufig anzutreffen. In den meist grobkörnigen Gesteinen sind Quarz, Feldspat, Biotit und Muskovit als Hauptgemengteile deutlich erkennbar. Chlorit und viele melanokrate Gemengteile sind in den meisten aquitanen Sandsteinen im Gegensatz zu denjenigen des Chattien stark vertreten. Vereinzelt tritt auch Glaukonit auf.

Mergel und Tone: Alle Übergänge von feinen zu sandigen Mergeln. Die Tone sind wenig mächtig. Farben: dunkelgrau, hellgrau, braun, gelblich, ziegelrot, rostrot, violett-rot. Die Mergel sind oft gefleckt. Die bunten Farbtöne sind für diese Serie charakteristisch.

Die «Serie der obern bunten Mergel» ist im Untersuchungsgebiet in den Tälern der Brinaz und des Grandsonnets und in den Dörfern Grandson, Giez, Orges und Valeyres s./Montagny aufgeschlossen. Die im Dorf Giez anstehenden, z. T. plattigen und diagonal geschichteten Sandsteine sind den von H. A. Jordi (1955, S. 53) beschriebenen aquitanen «Cuarny-Sandsteinen» an der Basis des Aquitanien sehr ähnlich und können auf Grund von Konstruktionen ins unterste Aquitanien gestellt werden. Vorwiegend mergelige Gesteine treten im Ravin des Crêts und bei Crêt Pravin östlich und südlich von Peney, im Ravin de Peny südlich Orges,

in Orges selbst, im Wald zwischen Orges und Giez und am Grandsonnet auf. Durch Konstruktion kann die Mächtigkeit der aquitanen Sedimente mit 80 + x m angegeben werden.

b) Fossilführung

In Grandson (539,10/184,35) wurden in Mergeln folgende nichtleitende Charophyten gefunden:

Tectochara escheri (AL. BR.) MÄDLER
Tectochara ulmensis (STRAUB) MÄDLER
Tectochara meriani (AL. BR.) GRAMBAST meriani PAPP.

Am Bach nördlich der Crêt Pravin (533,27/183,35):

Tectochara cf. *escheri* (AL. BR.) MÄDLER
Tectochara meriani octospirae MÄDLER.

Letztgenannte Art tritt nach K. MÄDLER vorwiegend im Aquitanien auf, ist aber für diese Stufe nicht leitend.

Ferner konnten am untern Ravin de Peny (535,67/183,23) einigen Zähnchen von

Soriciden (mündliche Mitteilung von J. HÜRZELER)
? Insectivoren (briefliche Mitteilung von J. HÜRZELER)

neben andern unbestimmbaren Fragmenten gefunden werden.

Profil der Säugerfundstelle (von oben nach unten):

1.	40+x cm	braun-gelb gefleckter, feiner Mergel, muschelig brechend.
2.	40 cm	dunkelgrauer Silt-Ton. Säugerhorizont!
3.	170 cm	gelb-grau gefleckte sandige Mergel und mergelige Sandsteine mit feinsten tonigen Zwischenlagen.
4.	10 cm	gelb-braun gefleckter Mergel, z. T. sandig.
5.	60 cm	grau-gelb gefleckter Mergel, z. T. sandig.
6.	25 cm	dunkelgrauer Silt-Ton.
7.	25 cm	grau-gelb gefleckter sandiger Mergel.
8.	50+x cm	grauer, grobkörniger Sandstein (Bachsohle).

Obschon umfangreiche Proben von obigen Gesteinen geschlämmt wurden, blieb die Ausbeute gering. Es handelt sich sehr wahrscheinlich um denselben Horizont, den H. A. JORDI (1955, S. 58) von der südlichen Talseite der Brinaz (535,46/183,23) beschrieben hat. Auch dort wurden keine leitenden Formen des Aquitanien gefunden.

II. TEKTONIK

Einleitung

Die im S-Schenkel der Bullet-Mont Aubert-Antiklinale auftretenden Kreideschichten fallen im Untersuchungsgebiet monoklinal mit 10–30° seewärts nach SE ein. Sie werden allgemein nur durch kleinere Verwerfungen gestört. Nur im N unseres Gebietes konnte eine Blattverschiebung festgestellt werden, bei der die Kreideschichten ca. 2 km horizontal disloziert wurden. Im Zusammenhang mit

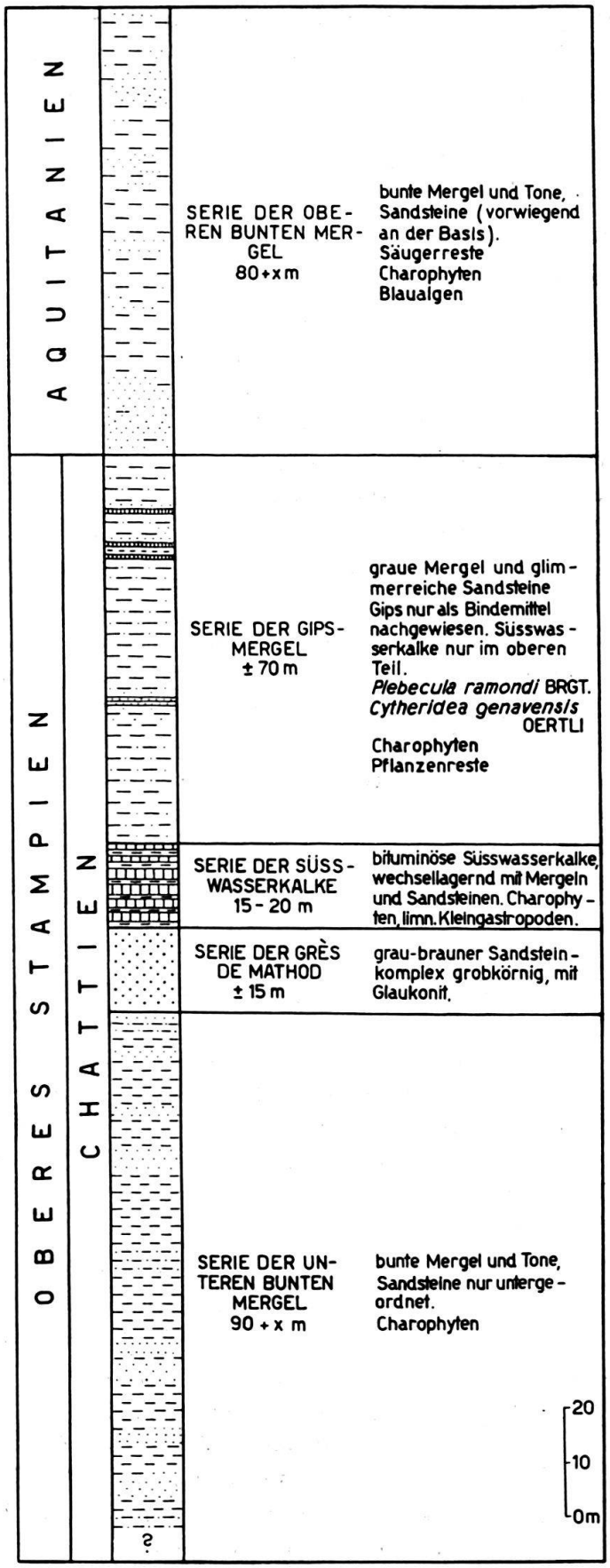


Fig. 8. Stratigraphisches Profil der Molasse in der Umgebung von Grandson

dieser Blattverschiebung konnten in der Gegend von La Lance Querbrüche beobachtet werden, die vertikale Verstellungen von 50–70 m aufweisen. In den etwas flacher (4–8°) nach SE einfallenden Molasseschichten konnte nur an der oberen Brinaz eine Bruchzone konstatiert werden, in welcher «Gipsmergel» des Chattien gegen aquitane «Obere bunte Mergel» versetzt sind.

1. Blattverschiebung und Bruchzone von Concise–La Lance

Auf der geologischen Karte der Schweiz 1:100000 Blatt XI, 1. Auflage von A. Jaccard (1869) (vgl. A. Jaccard 1869, S. 265) ist eine bedeutende Verstellung von La Lance Richtung W und WNW bis über La Côte am Südabfall des Mont Aubert verzeichnet. In der 2. Auflage (1893) ist diese Dislokation weggelassen. W. Custer (1932) hat bei der Kartierung des Blattes Mauborget einen in derselben Richtung streichenden Bruch von La Joux de Corcelles bis nach La Côte eingetragen und in den unveröffentlichten Erläuterungen ausgeführt, dass dieser Bruch eventuell mit einer Dislokation nördlich Concise im Zusammenhang stehe.

Im S-Schenkel der W–E streichenden Mont Aubert-Antiklinale, die vom allgemeinen Jurastreichen (SW–NE) abweicht und gegen den Neuenburgersee periklinal abtaucht, fallen im Bois de Ban nördlich Onnens Kreideschichten mit 16–18° nach ESE und E. Nördlich und östlich davon fallen dagegen Kalke des Portlandien mit 32–46°, in einem Falle sogar mit 60° nach SSE (vgl. geologische Karte, Tafel I). Die beiden Streichrichtungen treffen beinahe senkrecht aufeinander. Der Kontakt der Jura- und Kreideschichten ist durch Gehängeschutt verdeckt.

Ostwärts fehlen die Kreidesedimente bis in die Gegend von La Lance. Ausgedehnte Quartärbedeckung in dieser Gegend erschwert das Erfassen der Zusammenhänge. Nur A. Jaccard (1869, S. 275) konnte am Fuss des aus Malmkalken aufgebauten Mont Aubert Molasse beobachten, die heute nicht mehr aufgeschlossen ist. Er schreibt: «A La Lance . . . on voit apparaître la mollasse qui vient ici butter contre le pied du Mont Aubert».

Nördlich La Lance und im Bois de Seyte (vgl. Tafel I) treten wieder Gesteine der Untern Kreide auf, die nach ESE und SE einfallen. Es handelt sich um eine Blattverschiebung um ca. 2 km, die sehr wahrscheinlich durch die Bildung der vom normalen Streichen abweichenden Mont Aubert-Antiklinale hervorgerufen wurde.

An der Kantonsstrasse nördlich La Lance stehen Kreidesedimente an, die durch Brüche verstellt sind. Es handelt sich um drei Brüche in NW–SE und N–S Richtung (s. Fig. 9) und um einen vermuteten W–E streichenden Bruch nördlich der Dislokationslinie, die bei La Lance in ESE-Richtung in den See streicht.

An der Kantonsstrasse über La Lance (vgl. Fig. 9) fallen östlich von Koord.-Punkt 546,21/190,17 Sedimente des unteren Hauterivien, oberen Hauterivien, unteren und oberen Barrémien mit ± 30° nach SSE. Westlich von obgenanntem Punkt stehen Kalke des Barrémien und unter der Strasse solche des obersten Hauterivien an, die gegen S und SSE einfallen. Der in obigem Punkt durchstreichende (N–S) Bruch hat eine Absenkung des westlichen Flügels um ca. 50–60 m bewirkt. Die Hauterivienmergel des Ostflügels sind stark tektonisiert und es

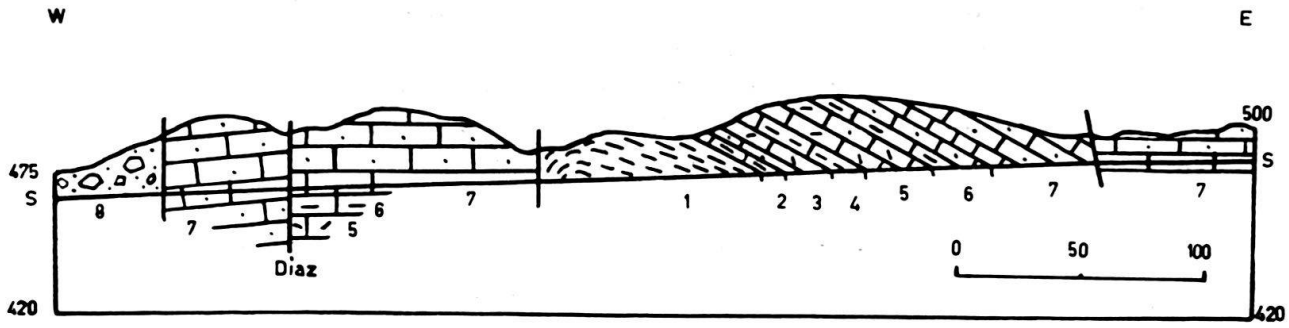


Fig. 9. Schematisches Längsprofil durch die Bruchzone an der Kantonsstrasse über La Lance
S–S Kantonsstrasse.
8. Moräne.
7. Urgonien blanc (ob. Barrémien).
6. Urgonien jaune oder Zone de Russille (unt. Barrémien).
5. Obere Pierre jaune (ob. Hauterivien).
4. ? Marnes d'Uttins (ob. Hauterivien).
3. Unt. Pierre jaune (ob. Hauterivien).
2. Mergelkalkzone (unt. Hauterivien).
1. Hauterivienmergel mit tekt. Brekzien (an der Bruchfläche hinuntergeschleppt.)
Diaz: Bach, durch Resurgenzquelle gespiesen, Bruch verläuft durch das Bachbett.

treten tektonische Breccien, die aus Hauterivienmergeln, Hauterivienkalken und Barrémienkalken zusammengesetzt sind, auf. Sekundäre Kalzitausscheidungen sind häufig zu beobachten. Auch scheinen die Mergel durch das Absinken des Westflügels an der Bruchzone hinuntergeschleppt zu sein, da ihre Lage in der Nähe des Bruches als kleine Antiklinale erscheint.

Westlich der Strassenbrücke über die Diaz fallen Urgonkalke nach SSW (vgl. Fig. 9). Diese Kalke sind gegenüber den östlich der Strassenbrücke auftretenden Hauterivien- und Barrémienkalken noch einmal um 15–20 m abgesunken. Der Bruch streicht NNW–SSE (Diaz-Bett). Ungefähr 25 m westlich der Strassenbrücke ist eine NW–SE streichende Rutschfläche zu beobachten, die unterhalb der Strasse weiter verfolgt werden konnte, jetzt aber durch Erdarbeiten bedeckt ist, und die im Westflügel keine anstehenden Gesteine, sondern Gehängeschutt und Moräne aufweist. Sehr wahrscheinlich fand hier auch eine horizontale Dislokation statt.

Eine weitere Verwerfung (vgl. Tafel I) muss ca. 80 m nördlich der Strassenbrücke WSW–ENE streichen, da nördlich dieser Linie Berriasienkalke und südlich derselben Barrémienkalke anstehen. Weitere Anhaltspunkte fehlen.

Über den Verlauf obgenannter Brüche und weiterer kleinerer Brüche in der Gegend von La Lance orientiert die geologische Karte (Tafel I).

2. Bruchzone westlich St. Maurice

Westlich St. Maurice sind am Südrand des Grand Bois (vgl. Tafel I) verschiedene isolierte Aufschlüsse des oberen Berriasien zu beobachten. Auffallend ist der häufige Wechsel der Fall- und Streichrichtung und das Auftreten von drei Resurgenzquellen längs einer WNW–ESE verlaufenden Linie. Es handelt sich um eine Anzahl von Längs- und Querbrüchen (vgl. Tafel I), die die verschiedenen Ver-

stellungen bewirkt haben. Aus Konstruktionen und Vergleichen der Berriasiensedimente an der Strasse St. Maurice–Vaugondry und den Hauteriviensedimenten am Ruz des Creuses geht hervor, dass es sich um kleinere Verstellungen handeln muss, die, gleichbleibende Fallbeträge der nördlich und südlich der Bruchzone anstehenden Gesteine vorausgesetzt, 10–15 m nicht übersteigen.

3. Bruchzone an der oberen Brinaz

Diese Zone wurde schon von H. A. Jordi (1955, S. 68) im Zusammenhang mit der Bruchzone am Chamblon erkannt und beschrieben. Seine Beobachtungen und Vermutungen über den Verlauf des nördlichen Bruches (vgl. Tafel I) konnte bestätigt und ergänzt werden. Über den Verlauf des südlichen Begrenzungsbruches der Störungszone fehlen in unserem Gebiet Anhaltspunkte, doch können die von H. A. Jordi wiedergegebenen Daten über die Verhältnisse ausserhalb der beiden Arbeitsgebiete bestätigt werden.

Verlauf des nördlichen Bruches

An der oberen Brinaz südlich von Peney (533,12/182,75) fallen «Gipsmergel» mit 70° nach Norden, an der Crêt de Pravin (534,30/183,35) dagegen stehen ± horizontal gelagerte aquitane «Obere bunte Mergel» an. Zwischen diesen beiden Punkten muss somit ein Bruch durchziehen, der bedeutende Verstellungen bewirkt hat.

Im Gebiet von H. A. Jordi fallen südlich P. 471 an der Strasse Montagny–Mathod «Süsswasserkalke» und «Gipsmergel» mit 50° nach Norden, südlich Villaret (W Montagny) ist die Serie nach Norden überkippt und bei P. 475 an der Strasse Montagny–Essert stehen fast horizontal gelagerte aquitane Mergel an, so dass der Bruch südlich des oben genannten Punktes durchziehen muss (vgl. Tafel I). H. A. Jordi (1955, S. 68) nimmt eine Absenkung des Nordflügels um 300–400 m an.

III. QUARTÄR

Bisherige Untersuchungen

H. B. de Saussure (1803, S. 266) erwähnt als erster Gesteine alpiner Herkunft, die in grossen Massen zwischen Yverdon und Grandson auftreten.

Es handelt sich um die von A. Jaccard (1893, S. 246) beschriebenen Schotter, die bei Grandson zu einem Konglomerat verfestigt sind und die er als postglazial auffasst.

J. Früh & C. Schröter (1904, Tafel V) stellen zwei Flachmoore zwischen Fiez und Onnens fest, die heute drainiert und bebaut sind.

Th. Bieler (1904, S. 25–27) weist auf Flussverlegungen durch Anzapfung in unserem Gebiet hin. Durch einen regressiv erodierenden Zufluss des R. de Peny soll die Brinaz bei Essert s./Champvent von ihrem Lauf (Richtung Chamblon) abgeleitet worden sein.

Der Arnon habe durch Rückwärtserosion bei Vuitebœuf die aus dem Jura fliessende Brinaz angezapft.

Aufschlussreiche Beobachtungen über die quartären Ablagerungen der näheren Umgebung von Grandson sind im Zusammenhang mit den dort nachgewiesenen

Schieferkohlen gemacht worden, die E. RENEVIER (1894, S. XXVIII) erstmals erwähnt hat. Das Vorkommen wurde anlässlich von Stollen- und Schachtbauten für eine Wasserversorgung der Firma Vautier in Grandson entdeckt. E. RENEVIER nimmt ein interglaziales Alter der Schieferkohlen an. Die in den Ligniten gefundenen Pflanzenreste wurden von P. JACCARD & J. AMMANN (1895, S. XV) bearbeitet. Nach J. FRÜH & C. SCHRÖTER (1904, S. 346, 348, 349) und A. PENCK & E. BRÜCKNER (1909, Bd. II, S. 580) ist ein interglaziales, nach E. BRÜCKNER auch ein interstadiales Alter möglich.

A. JEANNET (1923, S. 501–509) verdankt man ausführliche Angaben über das Vorkommen, seine Lithologie und Fossilführung, chemische Zusammensetzung und das Alter, illustriert durch 2 Profile und ein Kärtchen.

Von H. BADOUX (1943–1945) und O. BARBEY (1943–1946) stammen unveröffentlichte Rapporte über den Abbau während des zweiten Weltkrieges. H. BADOUX gibt eine Karte und ein Profil 1:25000, eine Karte 1:5000, ein Längs- und Querprofil, Bohrprofile von 9 Bohrungen und einen Minenplan 1:500. Daraus geht hervor, dass die Schieferkohlen im Verband mit interglazialen Schottern und Sanden über Rissmoräne und im Liegenden der Würmmoräne auftreten.

In H. FEHLMANN (1947) sind die Resultate dieses Abbaus zusammenfassend dargestellt.

A. Pleistozän

1. Rissmoräne

Moräne, die der Riss-Eiszeit angehört, ist am untern Grandsonnet über Molasse und unter den interglazialen Schottern von Grandson festgestellt worden. Die südlich Crusille an der Bahnlinie im untern Brinaztal und bei Le Verger nördlich Grandson beobachtete Moräne im Liegenden von interglazialen Schottern ist ebenfalls durch den risseiszeitlichen Rhonegletscher abgelagert worden.

Die Abgrenzung gegen die Würmmoräne im Grandsonnettal und bei Le Verger ist schwierig, da die interglazialen Schotter gegen Norden und Westen auskeilen und kein wesentlicher Unterschied des Materials der beiden Moränen festgestellt werden konnte. Auch bei Crusille ist die Grenze problematisch, da Aufschlüsse der interglazialen Schotter fehlen.

2. Das Schieferkohlenvorkommen von Grandson

Das während des Krieges (1943–1945) ausgebeutete Vorkommen, das A. JEANNET (1923) ausführlich beschrieben hat, ist durch einen Stollen am Weg nach Fiez (539,18/184,55) auf 472 m und durch Bohrungen östlich Grand Clos (539,40/184,75) nachgewiesen. Die Kohle tritt in drei Flözen in einem 3,85 m mächtigen lehmig-sandigen Horizont auf, wobei die Mächtigkeit der Flöze zwischen einigen cm und 1,60 m schwankt (vgl. A. JEANNET 1923, S. 504). Dieser lehmig-sandige Horizont bildet das Hangende einer risseiszeitlichen Grundmoräne. Über dem lehmig-sandigen Horizont folgen Sande und Schotter interglazialen Alters (H. BADOUX, 1943), die ihrerseits durch Würmmoräne bedeckt werden. Die Kohle ist grau-braun, sehr sandig, kompakt, qualitativ mit derjenigen von Uznach vergleichbar (A. JEANNET, 1923, S. 507). Der hohe Schwefelgehalt von 3,5% soll nach A. JEANNET (1923, S. 507) auf Gips zurückzuführen sein.

Das erste Vorkommen wurde durch die KOBAG, Mine de Grandson, auf eine Länge von 250 m und eine Breite von 70–150 m unter Tag abgebaut. Ausgebeutet wurden zwei Flöze von durchschnittlich 50–100 cm Mächtigkeit. Das zweite Vorkommen wurde erst 1943 entdeckt, so dass der Abbau Ende des Krieges noch in den Anfängen steckte und eingestellt wurde. In vier Jahren wurden 22401 t Kohle gefördert (H. FEHLMANN 1947). Die Bohrprofile von H. BADOUX (1945, Rap. 3264, Nr. 2) und die daraus konstruierten Längs- und Querprofile (1945, Rap. 3264, Nr. 3) sind für die Beurteilung der Quartärablagerungen um Grandson aufschlussreich. Aus den Bohrprofilen geht hervor, dass unter einem 16–20 m mächtigen Komplex von Sanden, Schottern, Seekreideablagerungen und Schieferkohlen zwischen Les Tuileries und Grandson eine reisseiszeitliche Grundmoräne vorhanden ist. Diese Grundmoräne wurde an folgenden Punkten erbohrt:

Bohrung 1	(538,58/184,55)	Rissmoräne in 8 m
2	(539,27/185,35)	Rissmoräne in 31,4 m
3	(539,22/184,85)	Rissmoräne in 19,3 m (Molasse in 21,2 m)
4, 5, 6, 7, 8	östl. Grand Clos (539,18/184,55)	Rissmoräne wurde in Tiefen von 10–22 m erbohrt.
9	(538,77/184,25)	Rissmoräne in 17 m

3. Interglaziale Schotter

Diese aus alpinen und jurassischen Geröllen bestehenden Schotter sind an den Rebhängen zwischen Valeyres s./Montagny–Les Tuileries–Grandson nachweisbar. Sie werden in drei Kiesgruben westlich Les Tuileries (537,51/183,18; 537,54/183,28; 537,70/183,32) abgebaut. Beim Aussichtspunkt Jolimont nördlich Les Tuileries (538,30/183,75) sind sie zu Nagelfluh verfestigt und bilden eine hervorstehende Kante am Terrassenrand. Ferner sind diese Schotter in Montauban–Grandson und bei Revelin–Grandson (unteres Grandsonnettal) aufgeschlossen. Bei Le Verger nördlich Grandson dürfte die Terrasse aus diesen Schottern bestehen.

Ein weiteres Vorkommen von interglazialen Schottern ist im isolierten Hügel Montelly südwestlich von Champagne vorhanden, der ca. 15 m hoch aus der weiten Schotterebene des Arnon (539,15/186,30) aufragt. Die Schotter sind grösstenteils verfestigt und von einer wenig mächtigen Moräne mit erratischen Blöcken bedeckt.

4. Würmmoräne

Die Moränendecke der letzten Eiszeit weist stark schwankende Mächtigkeiten auf und bedeckt vor allem die Molasse, in der Gegend von Novalles–Fontaines–Vaugondry aber auch die Kreideablagerungen. Wallmoränen des Würm-Rhonegletschers treten ausserhalb unseres Gebietes nördlich von Fontaines auf.

5. Erratika

Gneise, Amphibolite, Quarzite und Vallorcine-Konglomerate herrschen vor.

Besondere Erwähnung verdient der grosse Chlorit-Gneis-Block von Les Courbes Pièces (544,75/190,22) nordwestlich von Concise, der einen Inhalt von ca. 70 m^3 aufweist. Er liegt im Unterholz ungefähr 30 m vom Waldrand entfernt.

6. Gletschermühle

Im Walde östlich Maladeyres zwischen Fontaines und St. Maurice (538,95/187,60) ist eine Gletschermühle im Calcaire roux (Valanginien) erodiert. Sie ist ca. 70 cm tief und weist einen Durchmesser von 1 m auf.

B. Holozän

1. Rutschungen und Schlipfe

Ausgesprochene Rutschgebiete sind auf der Südseite des Arnontales zwischen La Mothe und Péroset, und auf der Nordseite zwischen Vugelles und Novalles vorhanden, wo die «Serie der untern bunten Mergel» und die «Serie der Gipsmergel» die Unterlage bilden. Weitere Rutschgebiete finden sich südlich von Peney und westlich von Valeyres s./Montagny auf «Obern bunten Mergeln» und nordöstlich von Giez auf den «Gipsmergeln».

Zahlreiche Rutschungen sind auch auf dem Mergelkomplex des Unteren Hauterivien erfolgt (Wald westlich Corcelles).

In der Bruchzone westlich von St. Maurice sind im Zusammenhang mit Quellaustritten Schichtpakete von Berriasienkalken auf Mergeln des Berriasien abgeglitten.

Schlipfgebiete wurden am Napettaz-Bach, einem Zufluss der Brinaz nördlich Champvent, am Arnon östlich La Mothe und über dem Arnon südlich Vugelles und Novalles beobachtet.

2. Verwitterungsbildungen

Auffallend rote Verwitterungserden treten westlich St. Maurice und zwischen St. Maurice und Bonvillars in den Reben auf. Diese roten Böden entstehen durch Verwitterung von Fe-reichen Gesteinen der untern Kreide (Berriasien, Limonit des Valanginien).

3. Postglaziale Schotter

Sie sind auf das untere Arnontal und das Gebiet Onnens–Corcelles–Concise beschränkt. Ob die Schotter des Plateau von Novalles–Fiez–Champagne interglazial oder postglazial sind, kann nicht entschieden werden. Sie enthalten Gerölle alpiner wie auch jurassischer Herkunft.

4. Deltaschotter des Arnon

Der Arnon hat unterhalb der Talenge von La Poissine ein weites Delta aufgeschüttet. Schöne Aufschlüsse dieser Deltaschotter sind im Strandbad von Grandson südlich Violles, bei den Häusern von Motta und südöstlich der Eisenbahnlinie über dem Arnon (542,15/186,40) vorhanden. An dieser Stelle konnte folgendes Profil aufgenommen werden:

oben:	1. 130+ x cm	geschichtete Schotter, gegen oben in Grobsand übergehend (Niveau der Eisenbahndamm – Basis).
	2. 35 cm	dunkelbraune bis schwarze Seekreide mit verkohlten Hölzern und Pflanzen.
	3. 120 cm	sandig-kreidige hellgraue Erde mit Gastropoden.
	4. 50+ x cm	Schotter und Sande.

Die in Schicht 3 gefundenen Gastropodenarten sind mit denen des Tuffes von La Mothe (s. Seite 255) identisch (*Helicigona arbustorum* (L.), *Cepaea sylvatica* (DRAP.); Bestimmung durch L. FORCART (Basel)).

5. Moorbildungen

Verschiedene kleinere Moore sind besonders in den Moränengebieten des untersuchten Gebietes vorhanden. Heute sind die meisten drainiert und zu Kulturland umgewandelt worden. Torfstich ist seit längerer Zeit eingestellt. Erwähnenswert sind die Moore von Chantaire nördlich Les Tuileries, La Chaux und Sur Froideville nordwestlich Grandson, Grande Sagne nordöstlich Novalles, östlich von Fontaines (vgl. J. FRÜH & C. SCHRÖTER 1904, Tafel V), Le Vernex westlich Corcelles und Les Chenaux nordwestlich Concise.

6. Der Tuff von La Mothe

Das Dorf La Mothe im Arnontal ist zum Teil auf dem Gehängeschutt der «Côte» (S-Schenkel der Bullet-Antiklinale), zum Teil auf einem mächtigen Kalktuffkegel gelegen. Das Tuffvorkommen wird in zwei Gruben (533,45/185,65; 535,55/185,68) in einer Mächtigkeit von 5–6 m abgebaut. Die Gesamtmächtigkeit beträgt nach Schätzungen ca. 12–15 m, die Oberfläche ca. 15000 m².

Es handelt sich um einen krümelig-erdigen, lockeren und porösen, weissen bis hellgelben Kalktuff. Einzelne Lagen weisen Konkretionen und gröberes überkrustetes Pflanzenmaterial auf. In der ersten Grube ist ein stark eisenschüssiges Mergelband von 1,5 cm Mächtigkeit vorhanden, das seitlich rasch auskeilt. Der Habitus der überkrusteten Pflanzenteile lässt auf eine Gemeinschaft von Moosen und Riedgräsern schliessen.

Im Dünnschliff sind mikrokristalliner Kalzit, einige wenige Quarzflitter und etwas Eisenoxyd feststellbar. In Hohlräumen treten schöne Kalzitplättchen auf. Die zwei chemischen Analysen aus verschiedenen Niveaux ergaben folgende Resultate:

	1	2
H_2O	0,31%	0,43%
SiO_2	3,38%	1,09%
R_2O_3	2,15%	1,28%
$CaCO_3$	93,42%	96,52%
$MgCO_3$	0,63%	0,48%
	99,89%	99,80%

Der Vergleich mit den Analysen des Tuffs von Schlosswil südlich von Bern (A. BALTZER 1896, S. 101) ergibt, dass der $CaCO_3$-Gehalt (= 89,84%) im Tuff von Schlosswil geringer ist als in La Mothe, dagegen der SiO_2-Gehalt (= 6,39%) fast doppelt so hoch.

Im Schlämmrückstand sind neben Gastropoden, verkalkten Pflanzenteilen und Kalkkonkretionen von Regenwürmern (vgl. H. BRÄM 1956, S. 593–598) auch Ostrakoden nachweisbar.

Die Gastropoden gehören nach den Bestimmungen durch Dr. L. FORCART (Basel) zu folgenden Arten:

Clausilia plicatula (DRAP.)
Cepaea sylvatica (DRAP.)
Discus rotundatus (MÜLL.)
Helicigona arbustorum (L.)
Vallonia costata (MÜLL.).

Diese Arten werden auch von A. BALTZER (1896, S. 102) aus den Tuffen von Schlosswil, Kehrsatz und Toffen südlich von Bern erwähnt. H. SCHARDT (1907, S. 277) fand Clausilia und Vallonia in einem Tuff bei St. Blaise. J. PIAGET (1915, S. 215–277) hat die von A. BALTZER gefundenen Mollusken revidiert.

Nach Dr. L. FORCART (briefl. Mitteil.) leben die zitierten Arten noch heute häufig in der Umgebung von Grandson.

Die von Herrn H. OERTLI (briefl. Mitteil.) bestimmten Ostrakoden gehören folgenden subrezenten Arten an:

Candona neglecta SARS, 1887
Candona gabaeformis FISCHER, 1854
Stenocypris sp. aff. *fischeri* (LILLJEBORG 1883)
Potamocypris cf. *fulva* (BRADY 1868).

Sie sind nach H. OERTLI sehr anpassungsfähig und leben in stehenden, fliessenden, schlammigen und austrocknenden Gewässern, oft in austrocknenden Gräben und Wiesenlöchern, in unterirdischen Gewässern oder an sumpfigen Stellen.

Das Alter des Tuffes ist auf Grund der Fauna rezent.

Entstehung des Tuffes

Es handelt sich um einen Gehängetuff (J. PIA 1933, S. 56–59), der durch die Quellen der «Cascade de la Mothe» (533,40/185,85) gebildet wurde.

Drei verschiedene Überlaufquellen treten ca. 30 m über dem Dorf La Mothe periodisch aus den Portlandienkalken der «Côte» aus. Sie weisen etwas unterschiedliche Niveaux auf, so dass die tiefste Quelle bedeutend länger Wasser führt als die beiden oberen, die hauptsächlich während der Schneeschmelze im Frühjahr als schöner Wasserfall austreten. Während dieser Zeit stürzen nach Schätzungen einige Tausend Minutenliter ca. 30 m in die Tiefe.

Heute wird die untere, konstantere Quelle von einem Industrieunternehmen abgezapft. Das relativ harte Wasser (22° franz.) der untern Quelle fliesst in vielen kleinen Bächen über Gehängeschutt und lagert den in Lösung mitgeführten kohlensauren Kalk ab.

Ähnliche Tuffvorkommen werden von A. BALTZER (1896, S. 100–107), E. BAUMBERGER (1919, S. 50–64), E. VON FELLENBERG (1885, S. 34–43) und von H. SCHARDT (1907, S. 271–280) beschrieben. Die Vorkommen von Toffen und Kehrsatz sind demjenigen von La Mothe auffallend ähnlich.

Der Tuff wurde früher als Baustein abgebaut. Heute benützt man ihn wegen seiner hygroskopischen Eigenschaften als Tennisplatzbelag (vgl. F. DE QUERVAIN & M. GSCHWIND 1949, S. 54), ferner als Nährboden für Champignon-Kulturen, die unweit La Mothe in alten Stollen der Zementwerke von Baulmes angelegt sind.

Weitere kleinere Tuffvorkommen finden sich bei Champagne über Hauterivienmergeln (540,20/187,38), ferner bei der Wasserfassung von Corcelles (543,25/190,18) und nördlich vom Reservoir von Corcelles (543,25/189,85), beide ebenfalls auf Hauterivienmergeln.

C. Der Bergsturz von Novalles–Vugelles (vgl. Fig. 10)

Am Jurafuss zwischen Novalles und Vugelles konnte ein bedeutender Bergsturz nachgewiesen werden.

H. SCHARDT (1880, S. 619, 641) hat durch dieses Gebiet ein Profil gezeichnet und das Bergsturzmaterial bei Les Charrières irrtümlicherweise als anstehenden Portlandkalk aufgefasst.

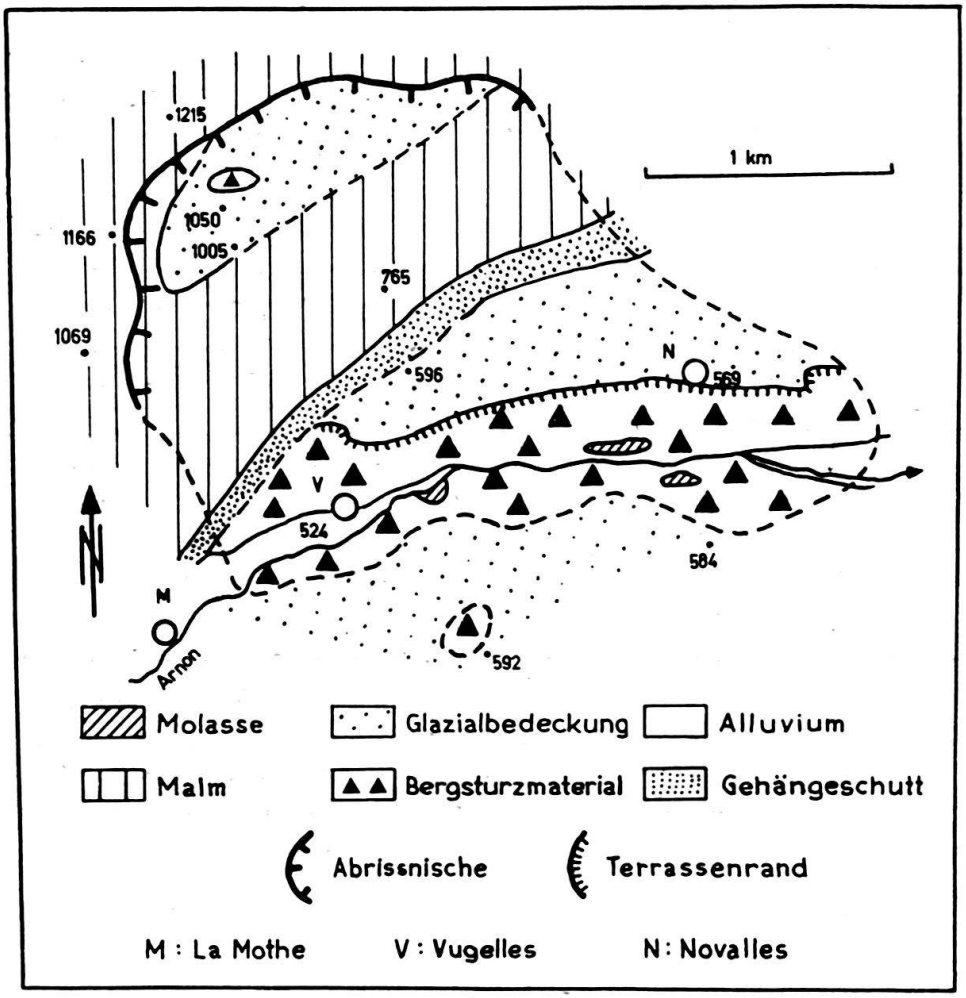


Fig. 10. Kartenskizze des Bergsturzes von Novalles–Vugelles

Die Abrissnische ist deutlich erkennbar und auch auf der Karte und im Luftbild gut ersichtlich. Sie liegt bei Crochère östlich von Bullet im Südschenkel der

Bullet-Antiklinale (= Sekundärfalte der Chasseron-Antiklinale). Deutlich sichtbar ist der Abrissrand westlich von Crochère dem Waldrand von Chantet-Bellevue (P. 1166,2) entlang. Gegen NE ist die Abrissregion durch lehmig-kiesiges Moränenmaterial mit erratischen Blöcken und durch Gehängeschutt überdeckt, so dass der Verlauf der Abrissnische hier nicht genau verfolgt werden kann.

Gesteine der Abrissregion:

Die anstehenden Kalke gehören nach den Kartierungen von A. Jaccard (1869) und W. Custer (1932) ins obere Kimmeridgien und Portlandien, die in der Abrissregion mit 14–16° nach SSE einfallen.

Weiter südlich sind auf Kote 760 m dünnbankige, dichte, z. T. dolomitische Kalke und Dolomite in senkrechter bis überkippter Lagerung anstehend, die ins Portlandien zu stellen sind.

Nach W. Custer (1932) sind Portlandienkalke und -dolomite im Gegensatz zu denen des Kimmeridgien gut gebankt, oft ausgesprochen dünnbankig. Rostige Tupfen in dichten Kalken sind nach W. Custer für Portlandien typisch.

An der Basis des Portlandien treten vermehrt Mergelkalke und Mergel auf. Das Kimmeridgien ist im Dach teilweise mergelig.

Die von E. Frei (1925, S. 14) beschriebene Grenznerineenbank, die beim Fehlen des Virgulahorizontes als Grenzhorizont Kimmeridgien/Portlandien dient, ist, ausserhalb der Abrissregion, auf 770 m an der 3-Kl.-Strasse nordwestlich La Mothe (533,15/185,90) aufgeschlossen.

Das Ablagerungsgebiet liegt beidseits des Arnon zwischen Vugelles und Le Moulin südöstlich Novalles. Auf der Südseite des Arnon reichen die Ablagerungen des Bergsturzes bis an die Linie Champ des Râpes–Les Charrières – südlich Cuatraz – nördlich P. 584 Bois de la Râpe–Le Moulin am Arnon und auf der Nordseite östlich R. du Recreux – unter dem Dorf Novalles – Déroches – Reservoir von Vugelles–Arnon bei Vugelles (vgl. Fig. 10). Die gesamte Bergsturzmasse riegelt bei Vugelles das Tal ab und der Arnon fliesst im Bergsturzmaterial (und teilweise auf Molasse als Unterlage des Bergsturzes) bis über Le Moulin.

Das Plateau von Novalles auf 580 m scheint aus Schottern und Moränenmaterial zu bestehen. Gute Aufschlüsse fehlen, doch ist über der Strasse Vugelles–Novalles eingangs des Dorfes Novalles (535,57/186,70) Schotter aus vorwiegend jurassischem Material vorhanden. Die Hügel Aroudes (P. 590) und Pierres Rousses (P. 592,3) nordwestlich und nördlich Novalles scheinen aus Moränenmaterial zu bestehen. Schürfungen zeigten lehmig-erdiges Material. Zudem lässt das Moor Grande Sagne östlich Pierre Rousses auf lehmigen Untergrund schliessen. Das Material des Plateau von Novalles ist über dem Bergsturzmaterial abgelagert. Dieses bedeckt gesamthaft eine Fläche von 1,8 km².

Das Material des Bergsturzes und die wichtigsten Aufschlüsse im Ablagerungsgebiet

a) Das Material

1. Hellgrauer Nerineenkalk (aus Grenznerineenbank). Kimmeridgien.
2. Grau-braune Mergelkalke und Kalkmergel mit unbestimmbaren Brachiopoden und Pteroceren. Kimmeridgien.

3. Grau-braune, stark tektonisierte Mergel mit kleinen Mergelgeröllen. Kimmeridgien.
4. Grau-braune, dichte Kalke. Kimmeridgien?
5. Graue, dichte, tektonisierte Kalke. Kimmeridgien/Portlandien?
6. Graue, brecciöse Kalke. Kimmeridgien/Portlandien?
7. Bräunliche, dichte Kalke mit roten Tupfen. Portlandien.
8. Hellgrau-weissliche Kalke mit Schalenquerschnitten. Portlandien.
9. Grau-braun dolomitische Kalke und Dolomite, sandig verwitternd mit Kalzitgeoden. Diese Gesteine sind Molassesandsteinen oft ähnlich, führen aber keinen Quarz. Portlandien.

Komponenten des Quartärs, der Molasse oder der Kreide konnten im Bergsturzmaterial nirgends festgestellt werden.

b) Die wichtigsten Aufschlüsse

1. Steinbruch bei Les Charrières (534,75/185,65).

Dieser Aufschluss zeigt deutlich, dass es sich nicht um anstehendes Portlandien handelt, wie H. SCHARDT (1880, S. 619) angenommen hatte. Er hat (S. 639) folgende Portlandien-Fossilien bestimmt:

Nerinea depressa, *Nerinea trinodosa*, *Chemnitzia* sp.

Vertreten sind an dieser Lokalität Gesteine der Gruppen 4–9.

2. Am 4-Kl.-Weg im Bois de la Râpe (535,68/186,15; 535,70/186,15).

Diese zwei kleinen Aufschlüsse weisen nur kleinere Blöcke auf, die aus Gesteinen der Gruppe 2 bestehen. Ungefähr 100 m weiter östlich liegt ein ca. 16 m^3 mächtiger Block aus Nerineenkalk (Gruppe 1) (535,80/186,12).

3. Am rechten Ufer des Arnon (535,81/186,36).

Schichtpaket und Blöcke bis zu 10 m^3 Grösse aus Gesteinen der Gruppe 8.

4. Bachtobel 30 m über Arnon (535,60/186,25).

Unmittelbar über Mergeln der chattischen «Untern bunten Mergel» liegen kleinere eckige Malmblöcke und Schutt. Moränenmaterial konnte nicht beobachtet werden.

5. Schlipf über Arnon (535,50/186,20).

Auf feinem Malmschutt liegen zwei Kalkblöcke von einigen m^3 Grösse der Gruppe 8.

6. Bei Cuatraz (535,17/186,20).

Im Wald liegen eine Anzahl z. T. riesiger Kalkblöcke. Ein Schichtkomplex aus dichten, grauen Kalken hat ein Ausmass von ca. 1200 m^3. Es handelt sich um Gesteine der Gruppen 4, 5, 8.

7. La Laiterie (534,90/186,40).

Unterhalb des Bauernhauses sind Gesteine der Gruppe 3 vorhanden.

8. In der Abrissregion nördlich P. 1050 (533,80/187,50).

Dieser Aufschluss liegt ca. 100 m südlich des Abrissrandes. Über dem Bergsturzmaterial, das aus Gesteinen der Gruppen 6, 8, 9 besteht, liegt eine dünne Moränendecke aus lehmig-kiesigem Material.

Alter des Bergsturzes

Nach unseren Feststellungen sind nur Komponenten des Kimmeridgien und Portlandien im Bergsturzmaterial vertreten, das im Arnontal direkt auf Molassemergeln liegt. Moränenmaterial, das bei einem nacheiszeitlichen Bergsturz zu erwarten wäre, fehlt.

Zudem tritt das Fluvioglazial des Plateaus von Novalles im Hangenden des Bergsturzmaterials auf. In der Abrissregion liegt Moräne über dem Bergsturzmaterial.

Das Alter des Bergsturzes ist somit sicher post-molassisch (post-pliozän, nach Jurafaltung) und offensichtlich prä-würm. Ob ein interglaziales oder präglaziales Alter in Frage kommt, kann nicht entschieden werden.

RÉSUMÉ

La région étudiée est située entre le pied du Jura et la partie supérieure du Lac de Neuchâtel. Au Sud et à l'Est, les sédiments de la Molasse oligocène (Stampien sup.–Aquitanien) sont exposés et au Nord et à l'Ouest ceux du Crétacé inférieur (Berriasien-Barrémien). Le travail est basé sur un levé géologique détaillé au 1:25000. 15 illustrations ont été ajoutées.

Dans le Crétacé, les relations des faciès dans le Berriasien supérieur («Marbre bâtard») et dans le Valanginien («Limonite») ont été étudiés. L'absence des «Marnes d'Arzier» à la base du Valanginien s. str. dans notre région pouvait être prouvée. Des coupes diverses et des photos des coupes-minces donnent des informations détaillées des dépôts du Crétacé.

Des remplissages de poches dans les calcaires hauteriviens et barrémiens ont été étudiés avec un intérêt particulier. La possibilité d'une dénudation régionale vers la fin de l'Urgonien (Barrémien- Aptien inférieur) accompagnée d'une érosion karstique et une transgréssion suivante de l'Aptien (remplissages aptiennes) a été démontré, d'où une dénudation et érosion secondaire dans l'Eocène serait bien possible.

Dans la Molasse, les dépôts du Chattien (Stampien sup.) avec les séries des «Marnes bigarrées inférieures», «Grès de Mathod», «Calcaires d'eau douce» et «Marnes gypsifères» et ceux de l'Aquitanien avec la série des «Marnes bigarrées supérieures» ont été traités. A part de rares fossiles témoins, une certaine importance a été attachée au Characées, des fossiles, qui auront éventuellement une future importance dans la stratigraphie de la Molasse. Des influences saumâtres pouvaient seulement être établies dans les «Marnes gypsifères» (Chattien sup.), dans lesquelles nous avons trouvé du gypse et des Ostracodes saumâtres. Tous les autres sédiments de la Molasse semblent être déposés uniquement dans un milieu limno-terrestre. Des coupes diverses et des photos au microscope électronique d'un calcaire d'eau douce donnent des détails supplémentaires.

Les dépôts du Crétacé, exposés au flanc Sud de l'anticlinal de Bullet-Mont-Aubert, et de la Molasse sont inclinés vers le Sud et le Sud-Est. Dans le Crétacé il y a un pendage de 10–30° et dans la molasse de 4–8°.

Une considérable dislocation horizontale et des failles diverses ont été constatées dans la région de Concise–La Lance. D'autre zones de failles se trouvent à l'Ouest de St-Maurice et à la partie supérieure de la Brinaz.

Comme formations intéressantes du Quaternaire, nous avons étudié le «Tuf de la Mothe» et «L'éboulement de Novalles-Vugelles».

LITERATURVERZEICHNIS

ALTHAUS, H. E. (1947): *Erdölgeologische Untersuchungen in der Schweiz.* I. Abschnitt. Beitr. geotech. Ser., Lief. *26*.

BALTZER, A. (1886): *Über den Löss im Kanton Bern.* Mitt. NFG Bern, 1885, p. 111–127.

– (1896): *Der diluviale Aaregletscher und seine Ablagerungen in der Gegend von Bern mit Berücksichtigung des Rhonegletschers.* Beitr. geol. Karte Schweiz, Lief. *30*.

– (1900a): *Beiträge zur Kenntnis schweizerischer diluvialer Gletschergebiete.* Mitt. NFG Bern, 1899, p. 54–65.

– (1900b): *Beiträge zur Kenntnis des diluvialen Rhonegletschers.* Eclogae geol. Helv. *6*, p. 378–391.

BASCHONG, J. (1921): *Beiträge zur Kenntnis der Bryozoen-Horizonte in der Untern-Kreide des westschweizerischen und französischen Jura.* Abh. schweiz. pal. Ges., vol. *45*, p. 1–75.

BAUMBERGER, E. (1901): *Über Facies und Transgressionen der untern Kreide am Nordrand der mediterrano-helvetischen Bucht im westschweizerischen Jura.* Wissensch. Beil. Ber. Töchterschule Basel.

– (1903): *Fauna der untern Kreide im westschweizerischen Jura.* I. Teil. Abh. schweiz. pal. Ges., vol. *30*, 4.

– (1905): *Die Hauteriviensedimente im westschweizerischen Jura.* Abh. schweiz. pal. Ges., vol. *32*, 2. Teil.

– (1907): *Die Eisenerze im Schweizerjura.* Mitt. NFG Bern, 1907, p. 1–10.

– (1919): *Zur Geologie von Leuzigen mit einem Überblick über den geologischen Bau des westlichen Bucheggberges.* «Heim-Festschrift» NFG Zürich, *64*, p. 50–64.

BAUMBERGER, E. & MOULIN, H. (1898): *La série néocomienne à Valangin.* Soc. neuch. sc. nat., t. *26*, p. 150–210.

BERSIER, A. (1938): *Recherches sur la géologie et la stratigraphie du Jorat.* Mém. soc. vaud. sc. nat., vol. *6*, 3.

BERSIER, A. & BADOUX, H. (1937): *Une formation éolienne subdésertique dans le Sidérolithique du Mormont (Vaud).* Eclogae geol. Helv. *30*, p. 231–234.

BIELER, TH. (1904): *Déviations de cours d'eau dans les environs d'Yverdon.* Bull. soc. vaud. sc. nat., t. *40*, p. XXV–XXVII. Arch. sc. phys. nat. Genève, t. *17*, p. 543–544.

BRÄM, H. (1956): *Was sind Arion kinkelini* WENZ und *A. hochheimensis* WENZ? Eclogae geol. Helv. *49*, 2, 593–598.

BURRI, F. (1953): *Beiträge zur Systematik der Brachiopoden aus der untersten Kreide im westschweizerischen Juragebirge.* Eclogae geol. Helv. *46*, 2, p. 269–285.

– (1956): *Die Rhynchonelliden der Untern Kreide (Valanginien-Barrémien) im westschweizerischen Juragebirge.* Eclogae geol. Helv. *49*, 2, p. 599–701.

BURRI, F. & BARTENSTEIN, H. (1954): *Die Jura-Kreide-Grenzschichten im schweizerischen Faltenjura und ihre Stellung im mitteleuropäischen Rahmen.* Eclogae geol. Helv. *47*, 2, p. 426–443.

CAILLEUX, A. (1952): *Morphoskopische Analyse der Geschiebe und Sandkörner und ihre Bedeutung für die Palaeoklimatologie.* Geol. Rundsch. *40*, p. 11–19.

CAROZZI, A. (1948): *Etude stratigraphique et micrographique du Purbeckien du Jura Suisse.* Thèse Univ. Genève, No. 1122.

CHAVANNES, S. (1856): *Essai sur la géologie d'une partie du pied du Jura compris entre le Nozon et Yverdon.* Bull. soc. vaud. sc. nat. t. *4*, p. 14–24.

CUSTER, W. (1928): *Etude géologique du pied du Jura vaudois.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 59

FELLENBERG, E. VON (1886): *Über Vorkommen von Löss im Kanton Bern.* Mitt. NFG Bern, 1885, p. 34–43.

FLEURY, E. (1909): *Le Sidérolithique Suisse.* Mém. soc. frib. sc. nat. vol. *6*.

FREI, E. (1925): *Zur Geologie des südöstlichen Neuenburger Juras, insbesondere des Gebietes zwischen Gorges de l'Areuse und Gorges du Seyon.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. *55*, III. Abt.

FREY, M. (1922): *Die Asphaltlagerstätten im Schweizerischen Juragebirge mit besonderer Berücksichtigung des Val de Travers.* Beitr. geol. Karte Schweiz, geotechn. Ser. Lief. *9*.

FRÜH, J. (1886): *Zur Geologie von St. Gallen und Thurgau mit besonderer Berücksichtigung der Kalktuffe.* Ber. St. Gall. nat. wissensch. Ges., 1885, p. 91–173.

FRÜH, J. & SCHRÖTER, C. (1904): *Die Moore der Schweiz.* Beitr. Geol. Schweiz, geotechn. Ser. Lief. *3*.

GRIM, R. E. (1953): *Clay Mineralogy.* London (Mc. Graw-Hill).

HEER, O. (1855): *Flora Tertiaria Helvetiae.* Winterthur.

HEIM, ALB. (1919): *Geologie der Schweiz.* Leipzig (Tauchnitz).

– (1932): *Bergsturz und Menschenleben.* Zürich.

HEIM, ARN. & HARTMANN, AD. (1919): *Untersuchungen über die petrolführende Molasse der Schweiz.* Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. Lief. *6*.

JACCARD, A. (1869): *Description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 6.

– (1893a): II. *Supplément à la description géologique du Jura vaudois et neuchâtelois.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 7.

– (1893b): *Sur les différents niveaux de spongitaires dans le crétacé du Jura.* Bull. soc. sc. nat de Neuch. t. 21, p. 61.

JACCARD, P. & AMMANN, J. (1895): *Des débris végétaux interglaciaires de Grandson et Bougy sur Aubonne.* Bull. soc. vaud. sc. nat. t. *31*, p. XV–XVI.

JAYET, A. (1926): *Etude stratigraphique de la Perte du Rhône près de Bellegarde (Ain, France).* Eclogae geol. Helv.. *20*, p. 159–222.

JEANNET, A. (1923): *Les charbons feuilletés de la Suisse occidentale.* Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. Beitr. Geol. Schweiz, geotech. Ser. Lief. *8*, p. 501–509.

JORDI, H. A. (1951): *Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse von Yverdon.* Bull. Ver. Schweiz. Petrol.-Geol. u. Ing., vol. *18*, Nr. 55, p. 1–14.

– (1955): *Geologie der Umgebung von Yverdon.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 99.

KILIAN, W. (1888): *Description géologique de la Montagne de Lure.* Annales des sc. géol. t. *19/20*.

LAGOTALA, H. (1920): *Etude géologique de la région de la Dôle.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 46, 4. Abt.

LEUTHARDT, F. (1906): *Beiträge zur Kenntnis der Hupper-Ablagerungen im Basler Jura.* Eclogae geol. Helv. *9*, 1, p. 145–147.

– (1911): *Über das Vorkommen von Antedon costatus,* GOLDFUSS *in den Hornsteinknollen der Hupperablagerungen von Lausen.* Tätigkeitsber., NFG Baselland, 1907–1911, p. 109–118.

MÄDLER, K. (1955): *Zur Taxionomie der tertiären Charophyten.* Geol. Jahrb. Bd. *70*, p. 265–328.

MAILLARD, G. (1884): *Etude sur l'étage Purbeckien dans le Jura.* Diss. Univ. Zürich.

MAILLARD, G. & LOCARD, A. (1892): *Monographie des mollusques tertiaires terrestres et fluviatiles de la Suisse.* Abh. schweiz. pal. Ges., vol. *18* u. *19*.

MAYNC, W. (1955): *Coskinolina sunnilandensis, n. sp., a lower cretaceous (Urgo-Albian) species.* Contrib. Cushman Found. Foram. Res., vol. *6*, part 3, July 1955, p. 105–111.

MOORE, H. B. (1955): *Faecal Pellets in relation to marine deposits.* Symposium soc. econ. paleontologists and mineralogists 1955, p. 516–524. (Manuskript 1938).

MURAT, R. (1956): *Existence et signification de filons clastiques dans le Barrémien inférieur de l'Autochtone de Saint-Maurice (Valais).* Arch. sc. phys. nat. Genève, vol. *9*, fasc. 4, p. 478–487.

NIGGLI, P., GRUBENMANN, U., JEANNET, A. & MOSER, R. (1915): *Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz.* Beitr. Geol. Schweiz., geotechn. Ser. Lief. *5*.

OERTLI, H. J. (1956): *Ostrakoden aus der oligozänen und miozänen Molasse der Schweiz.* Abh. schweiz. pal. Ges. vol. *74*, p. 1–119.

ORBIGNY, A. D. (1850): *Prodrôme de la paléontologie stratigraphique universelle,* t. *2*, Paris.

PASQUIER, L. DU (1892): *Sur les limites de l'ancien glacier du Rhône le long du Jura.* Bull. soc. neuch. sc. nat., t. *20*, p. 32–43.

PENCK, A. & BRÜCKNER, E. (1909): *Die Alpen im Eiszeitalter.* Bd. 2. Leipzig (Tauchnitz).

PETTIJOHN, F. J. (1949): *Sedimentary rocks.* New York.

PIA, J. (1933): *Die rezenten Kalksteine.* Zeitschr. f. Krist. Min. u. Petrogr. Abt. B., Ergänzungsband.

PIAGET, J. (1915): *Révision de quelques mollusques glaciaires du Musée d'Histoire naturelle de Berne.* Mitt. NFG Bern, 1914, p. 215–277.

PICTET, F. J., CAMPICHE, G. & TRIBOLET, G. DE (1858): *Description des fossiles du terrain crétacé des environs de Sainte-Croix.* 1. Teil. Beitr. geol. Karte Schweiz, 1858.

QUERVAIN, F. DE & GSCHWIND, M. (1949): *Die nutzbaren Gesteine der Schweiz. Zürich.*

RAMSEYER, R. (1952): *Geologie des Wistenlacherberges (Mont Vully) und der Umgebung von Murten (Kt. Freiburg).* Eclogae geol. Helv. *45*, 2, p. 167–217.

RENEVIER, E. (1853): *Note sur le terrain néocomien qui borde le pied du Jura de Neuchâtel à La Sarraz.* Bull. soc. vaud. sc. nat. t. *3*, p. 261–277.

– (1869): *Coupes géologiques des deux flancs du bassin d'Yverdon.* Bull. soc. vaud. sc. nat. t. *10*, p. 265–275.

– (1894): *Sur un gisement de lignite interglaciaire au NW de Grandson.* Bull. soc. vaud. sc. nat. t. *30*, p. XXVIII.

RENEVIER, E. & SCHARDT, H. (1900): *Notice explicative de la feuille XI (2de Ed.) Carte géol. de la Suisse.* Eclogae geol. Helv. *6*, 4, p. 351–369.

RICKENBACH, E. (1925): *Description géologique du territoire compris dans les feuilles 278 et 280 de l'atlas topographique de Siegfried, savoir du Val de Travers entre Fleurier et Travers, du cirque de Saint-Sulpice et de la Vallée de la Brévine.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *50*.

RITTENER, TH. (1902): *Etude géologique de la Côte-aux-fées et des environs de Ste. Croix et Baulmes.* Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 13.

RÖTHLISBERGER, P. (1923): *Beitrag zur Kenntnis der siderolithischen Bildungen in den Schweizeralpen.* Diss. Uni. Bern, Auszug.

ROLLIER, L. (1898a): *Une poche d'Albien dans les Gorges de la Reuse.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *26*, p. 89–97.

– (1898b): *Poches d'Albien dans le Néocomien de Neuchâtel.* Eclogae geol. Helv. *5*, p. 514–521.

– (1903): *Beweis, dass die Nattheim-Wettinger-Schichten auch auf der Basler Tafellandschaft etc. ursprünglich vorhanden waren.* Vierteljahrschr. NFG Zürich, Jahrg. XLVIII, p. 458–472.

– (1904): *Poche sidérolithique du Fuet.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *32*, p. 147–153.

– (1905): *Die Bohnerzformation oder das Bohnerz und seine Entstehungsweise.* Vierteljahrschr. NFG Zürich, Jahrgang L, p. 151–163.

– (1910): *Nouvelles observations sur le Sidérolithique et la Molasse oligocène du Jura central et septentrional.* Troisième supplément à la description géologique de la partie jurassienne de la feuille VII de la carte géologique de la Suisse au 1:100000. 1. Teil. Beitr. geol. Karte Schweiz, N. F. 25.

ROLLIER, L. & JUILLERAT, E. (1902): *Sur une nouvelle poche sidérolithique à fossiles albiens.* Arch. sc. phys. nat. Genève, 4eme période, t. *14*, p. 59–68.

RUTSCH, R. F. (1945): *Neue Auffassungen über die Entstehung der Molassesedimente.* Eclogae geol. Helv. *38*, 2, p. 407–411.

RUTSCH, R. F. & BERTSCHY, R. (1955): *Der Typus des Néocomien.* Eclogae geol. Helv. *48*, 2, p. 353–360.

RYNIKER, K. (1923): *Geologie der Seekette zwischen Biel und Ligerz unter Berücksichtigung der anormalen Lagerstätten in der untern Kreide (sog. Hauterivientaschen).* Basel (Birkhäuser).

SAUSSURE, H. B. DE (1803): *Voyages dans les alpes, précédés d'un essai sur l'histoire naturelle des environs de Genève.* 1er vol. Neuchâtel (Fauche).

SCHARDT, H. (1880): *Notice géologique sur la mollasse rouge et le terrain sidérolithique du pied du Jura.* Bull. soc. vaud. sc. nat. t. *16*, p. 609–640.

– (1900): *Une poche hauterivienne dans le Valanginien aux Fahys, près Neuchâtel.* Bull. soc. neuch. t. *28*, p. 184–196.

– (1901): *Nouveau gisement d'Albien à La Coudre, près Neuchâtel.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *29*, p. 119–140.

– (1904): *Sur divers gisements anormaux du Crétacique dans le Jura.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *32*, p. 81–98.

– (1907a): *Sur un gisement de terrain tufeux à Saint-Blaise.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *34*, p. 271–280.

– (1907b): *Crevasses sidérolithiques avec nodules phosphatés et fossiles remaniés dans la pierre jaune de Neuchâtel (Hauterive).* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *34*, p. 206–228.

– (1910a): *Sur une nouvelle poche hauterivienne dans le Valanginien aux Fahys sur Neuchâtel.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *37*, p. 386–390.

– (1910b): *Sur une coupe de la molasse aquitanienne à la Poissine près d'Onnens (Vaud).* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *37*, p. 379–383.

SCHARDT, (1910c): *Sur une carrière romaine à la Lance près Vaumarcus.* Bull. soc. neuch. sc. nat. t. *37*, p. 424–429.

SCHARDT, H. & BAUMBERGER, E. (1895): *Etudes sur l'origine des poches hauteriviennes dans le Valangien inférieur entre Gléresse et Bienne.* Bull. soc. vaud. sc. nat. t. *31*, p. 247–288.

– (1898): *Über die Entstehung der Hauterivientaschen im unteren Valanginien zwischen Ligerz und Biel.* Eclogae geol. Helv. *5*, p. 159–201.

SCHROEDER, J. W. (1957): *Géologie des régions lémanique, genevoise et savoyarde (bassin molassique périalpin).* Bull. Ver. Schweiz. Petrol. Geol. u. Ing. vol. *23*, Nr. 65, p. 17–31.

SENN, A. (1928): *Über die Huppererde von Lausen und das geologische Alter der Zeininger Bruchzone (Basler Tafeljura).* Eclogae geol. Helv. *21*, 1, p. 163–180.

STUDER, B. (1853): *Geologie der Schweiz.* Bern (Stämpfli).

VERNET, J.-P. (1956): *La géologie des environs de Morges.* Eclogae geol. Helv. *49*, 1, p. 157–241.

WANNER, E. (1929): *Beiträge zur Geographie der Erdbeben.* Gerlands Beitr. zur Geophys., Heft *3*, p. 334–348.

Unveröffentlichte Berichte und Gutachten

Akten des Bureau für Bergbau: Kohlengrube von Grandson.

BADOUX, H. (1943): Nr. 3182 a, b.

– (1943): Nr. 3218 a–f.

– (1944): Nr. 3237, 3246 a–g.

– (1945): Nr. 3246 g–i, 3264, 3282.

BARBEY, O. (1943): Nr. 3182c.

– (1946): Schlussrapport an die Kobag, Mine de Grandson.

FEHLMANN, H. (1947): *Der schweizerische Bergbau während des zweiten Weltkrieges.* Bureau für Bergbau. Eidg. Kriegs-Industr.- u. Arbeits-Amt.

Geologische Karten

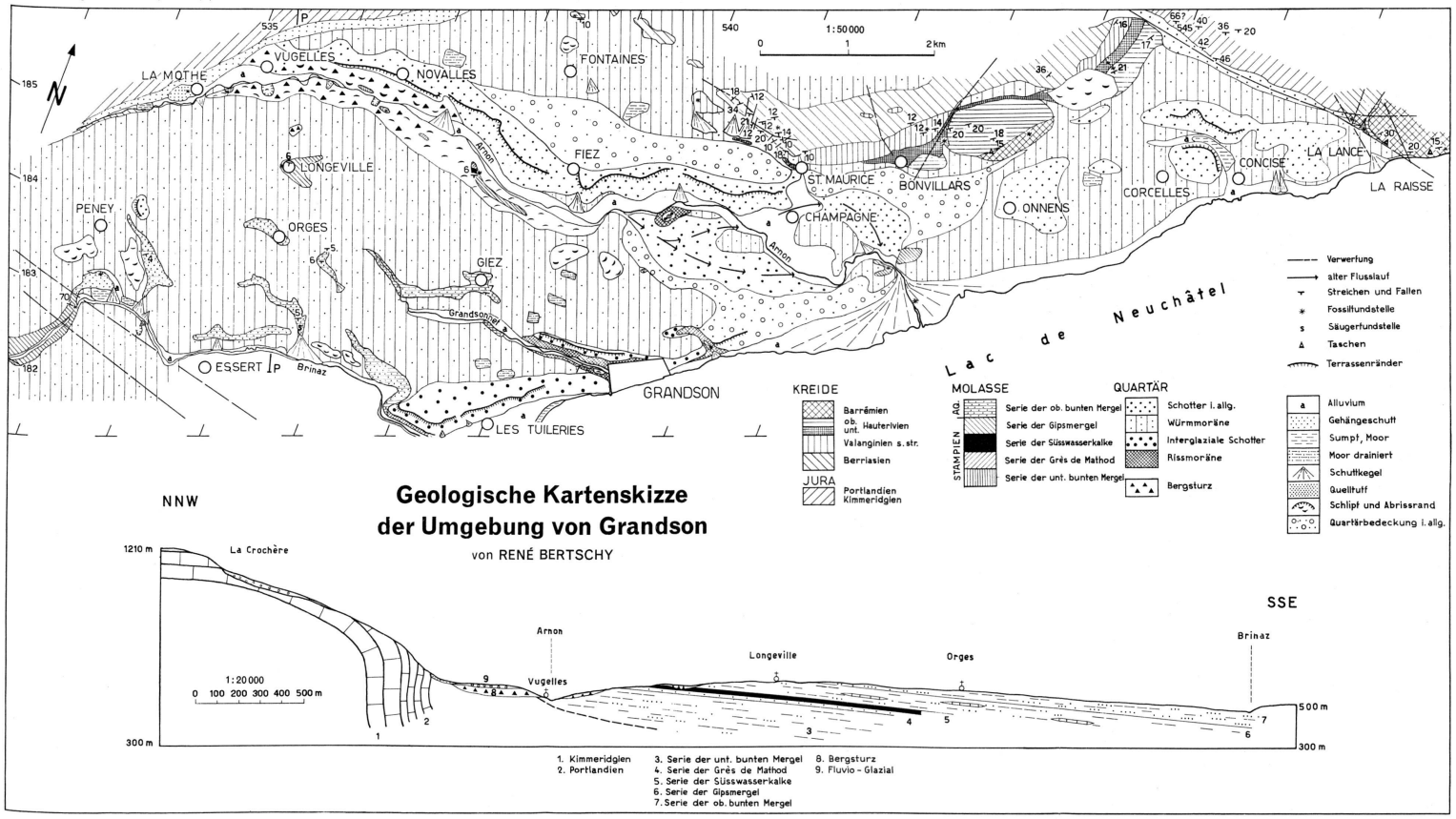
ALTHAUS, H. E. (1947): *Karte der ölführenden Molasse zwischen Genfer- und Neuenburgersee,* 1:50000. Beitr. geotech. Ser., Lief. *26*, 1. Teil.

BUXTORF, A. & CHRIST, P. (1944): *Geologische Generalkarte der Schweiz,* 1:200000, Bern (Kümmerly & Frey), Bl. I.

CUSTER, W. (1932): *Geol. Originalkarte,* Blatt 284 (Mauborget). Geol. Komm. S. N. G.

JACCARD, A. (1869): *Carte géol. de la Suisse* 1:100000, Feuille XI, 1re éd.

– (1893): *Carte géol. de la Suisse* 1:100000, Feuille XI, 2e éd.

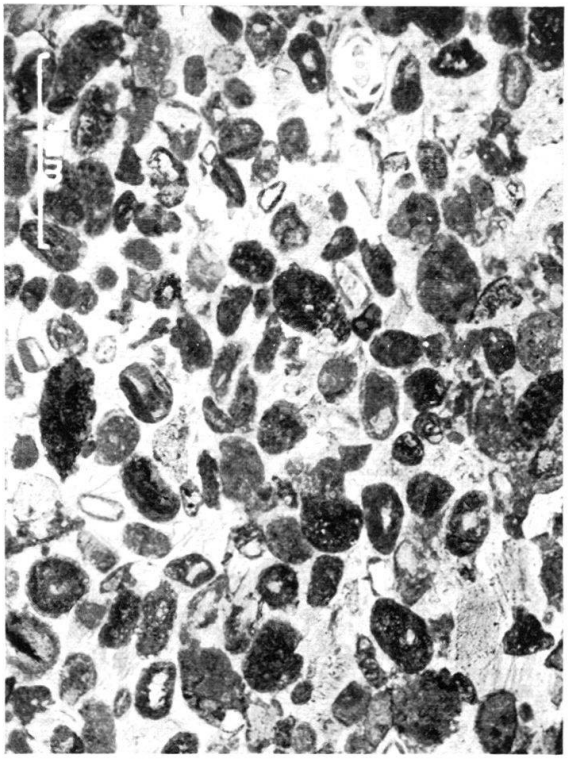

1:50000
0 1 2 km
N
LA MOTHE
VUGELLES
NOVALLES
FONTAINES
LONGEVILLE
FIEZ
ST. MAURICE
BONVILLARS
ONNENS
CORCELLES
CONCISE
LA LANCE
LA RAISSE
PENEY
ORGES
GIEZ
CHAMPAGNE
ESSERT
GRANDSON
LES TUILERIES
Arnon
Grandson
Brinaz
Lac de Neuchâtel
Verwerfung
alter Flusslauf
Streichen und Fallen
Fossilfundstelle
Säugerfundstelle
Taschen
Terrassenränder
KREIDE
Barrémien
ob. unt. Hauterivien
Valanginien s. str.
Berriasien
JURA
Portlandien
Kimmeridgien
MOLASSE
AQ.
STAMPIEN
Serie der ob. bunten Mergel
Serie der Gipsmergel
Serie der Süsswasserkalke
Serie der Grès de Mathod
Serie der unt. bunten Mergel
QUARTÄR
Schotter i. allg.
Würmmoräne
Interglaziale Schotter
Rissmoräne
Bergsturz
Alluvium
Gehängeschutt
Sumpf, Moor
Moor drainiert
Schutkegel
Quellitutf
Schlipf und Abrissrand
Quartärbedeckung i. allg.
Geologische Kartenskizze
der Umgebung von Grandson
von RENÉ BERTSCHY
NNW
SSE
1210 m
300 m
500 m
La Crochère
Arnon
Vugelles
Longeville
Orges
Brinaz
1:20000
0 100 200 300 400 500 m
1. Kimmeridgien
2. Portlandien
3. Serie der unt. bunten Mergel
4. Serie der Grès de Mathod
5. Serie der Süsswasserkalke
6. Serie der Gipsmergel
7. Serie der ob. bunten Mergel
8. Bergsturz
9. Fluvio-Glazial

Tafel II

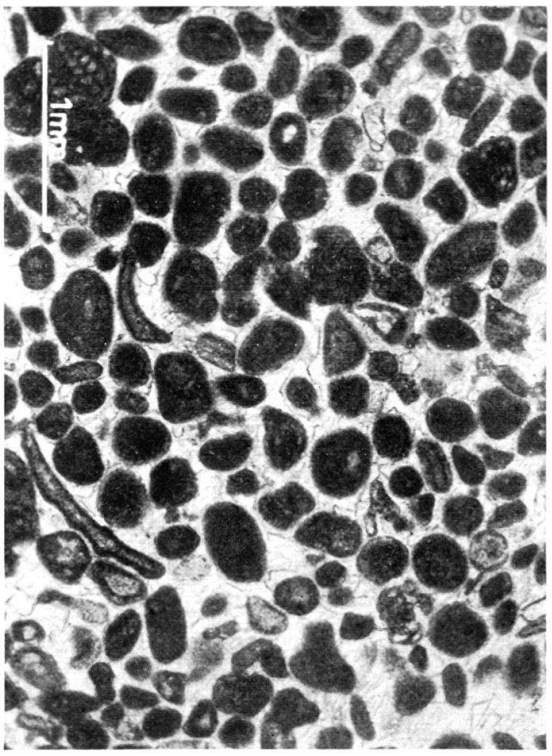
Schliffbilder der Untern Kreide (Berriasien–Valanginien)

1. Pseudoolithischer Kalk mit Foraminiferen. Mittleres Berriasien, St. Maurice.
2. Marbre bâtard, rekristallisierte kalzitische Grundmasse mit Foraminiferen. Oberes Berriasien, St. Maurice.
3. Calcaire roux, Echinodermenbrekzie, Valanginien s. str. Maladeyres.
4. Limonit. Valanginien s. str., N Corcelles.

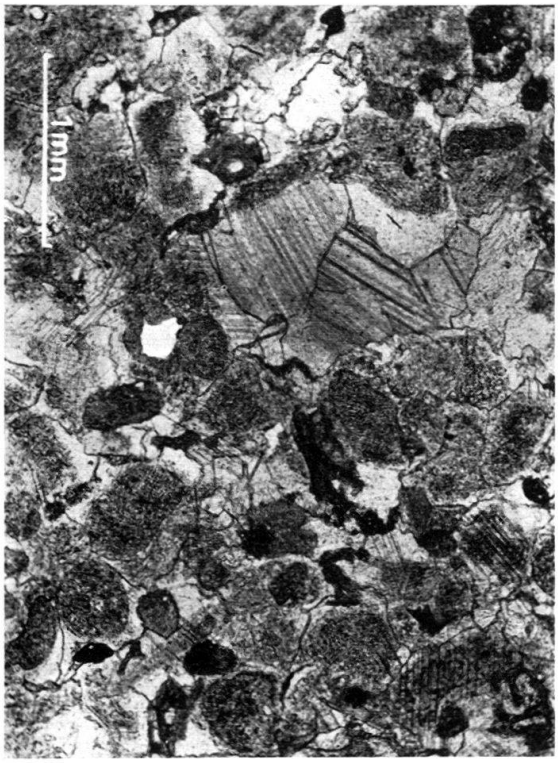
Eclogae geologicae Helvetiae
Vol. 51/2, 1958



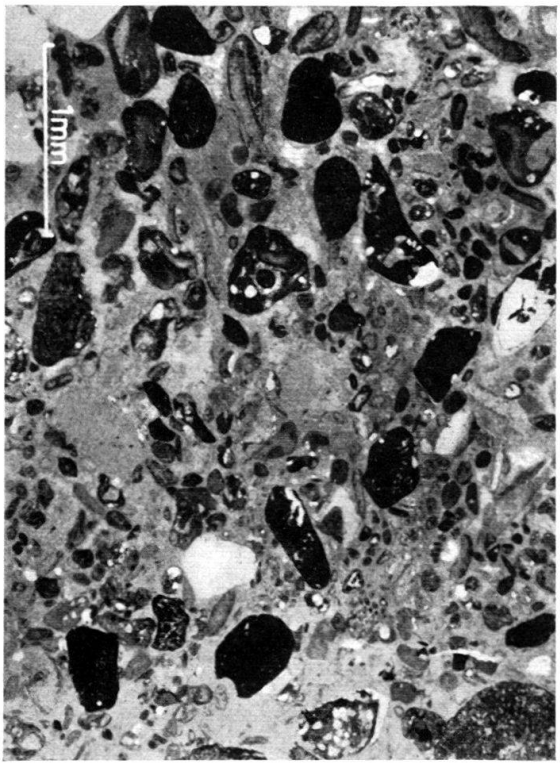
1



2



3



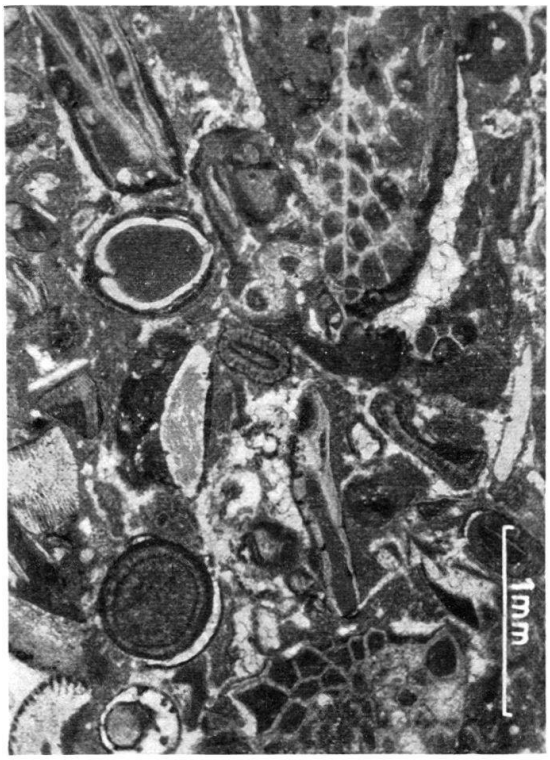
4

Tafel III

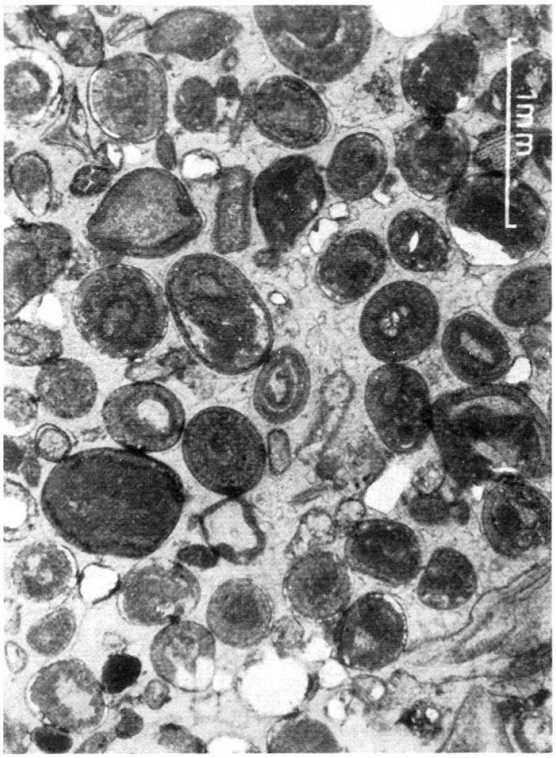
Schliffbilder der Untern Kreide (Hauterivien–Barrémien)

1. Zoogener Kalk, Bryozoentrümmer, Ooide. Untere Pierre jaune. Ob. Hauterivien. La Coudre.
2. Oolithischer Kalk. Obere Pierre jaune. Ob. Hauterivien. N Concise.
3. Zoogener, mergeliger Kalk. Unteres Barrémien. La Lance.
4. Pseudoolithischer Kalk mit *Coskinolina* sp. Ob. Barrémien (Urgonien blanc). La Raisse.
5. Faunenbild der Unteren Pierre jaune. Ob. Hauterivien. N Corcelles.

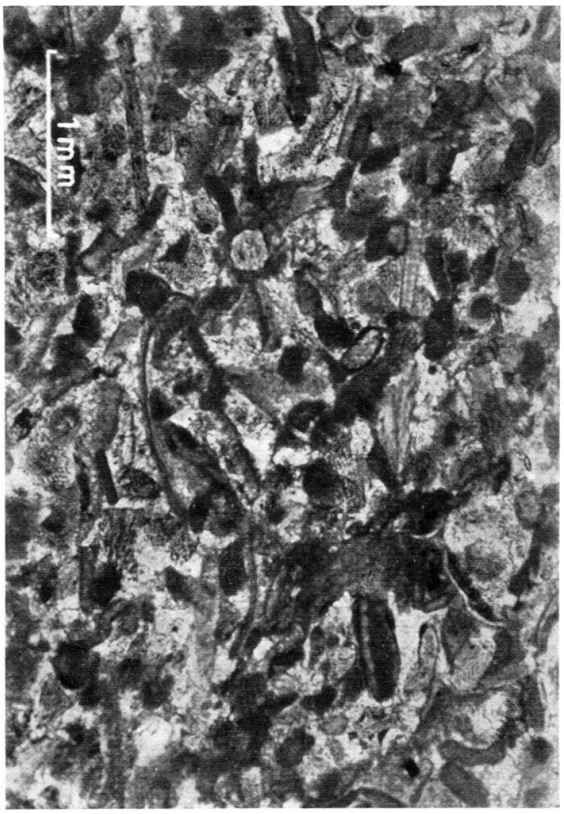
Eclogae geologicae Helvetiae
Vol. 51/2, 1958



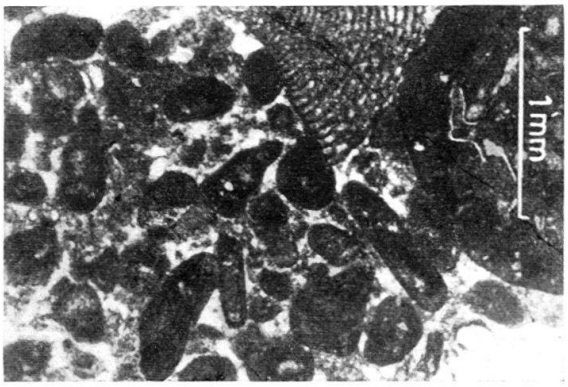
1



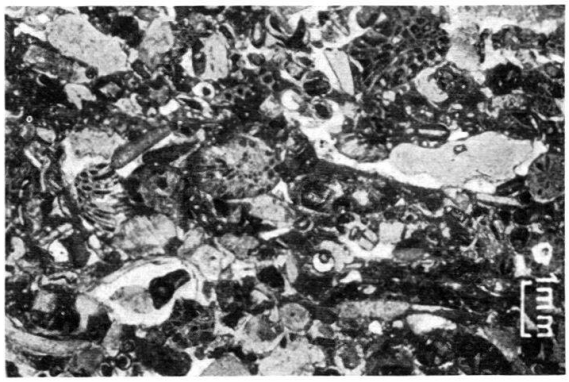
2



3



4



5