

Hauterivientaschen

Objektyp: **Chapter**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **59 (1966)**

Heft 2

PDF erstellt am: **03.07.2024**

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.

1.6.3 Jorat-Synklinale

Die ausgesprochene Enge der Jorat-Synklinale versuchte K. RYNIKER (1923, 30) durch eine Überschiebung des NW- und SE-Schenkels zu erklären. Irgendwelche Verstellungen oder Überschiebungsflächen konnte er jedoch nicht beobachten.

Nach unseren Untersuchungen ist die Verengung der Synklinale zwischen Orvin und Lamboing durch die Mont Sujet-Antiklinale und vor allem durch den bogenförmigen Verlauf der Seekette-Antiklinalachse bedingt, die bis über 500 m von ihrer Haupttrichtung zurückweicht. Die Schichtfolge Twannbachformation-Valanginien am E-Ende des Jorattaales verläuft völlig normal (vgl. Profil 4, Tafel. I). Im Muldenkern ist bei bis über 80° einfallenden Schenkeln genügend Raum für die Sedimente des Berriasien und Valanginien, es liegen somit keine Anhaltspunkte für tektonische Verstellungen vor.

Die Synklinale ist grösstenteils von Moränenmaterial, Block- und Gehängeschutt bedeckt. In der östlichen Hälfte kommt teilweise das Valanginien und Berriasien zum Vorschein. Zudem müssen nach den Angaben von P. de LORIOU und V. GILLIÉRON (1869, 112) Hauterivien- und Molasse-Sedimente an der Synklinal-Füllung beteiligt sein. Die NW- und SE-Schenkel sind fast ausschliesslich von Gehängeschutt bedeckt.

Im westlichen Teil der Jorat-Synklinale befindet sich bei der Höhenkote 893 die Talwasserscheide.

2. HAUTERIVIENTASCHEN

2.1 Bisherige Deutungsversuche

Über die zahlreichen Arbeiten, die den anormalen Lagerungsverhältnissen in der Unteren Kreide am linken Bielerseeufer gewidmet sind, gibt K. RYNIKER (1923, 46) einen sehr ausführlichen und vollständigen Überblick. Übersichtshalber seien die verschiedenen Hypothesen zur Entstehung der Hauterivientaschen kurz angeführt:

V. GILLIÉRON (1869, 104): Während der Eocaenzeit ausgelaugte Höhlungen, die nachträglich mit Hauterivienmergel angefüllt wurden.

J. B. GREPPIN (1870, 249): Abgeglittene Valanginienpakete haben Hauterivienmergel überschoben.

L. ROLLIER (1888, 166): Ablagerungen von Hauterivien in Hohlräume des Valanginien, die sich während der Limonitzeit (Oberes Valanginien) durch submarine Erosion gebildet haben.

H. SCHARDT (L. ROLLIER 1888, 166): Abgleiten von Hauterivienfetzen in tektonisch gebildete Spalten des Unteren Valanginien.

L. ROLLIER (1893, 138): Wie V. GILLIÉRON (1869, 104).

E. BAUMBERGER (1894, 191): Hohlraumbildung durch erodierende Oberflächenwasser; Einschwemmung des Hauterivien vor dem Cénomani.

E. BAUMBERGER u. H. SCHARDT (E. BAUMBERGER 1894, 193): Zur Zeit der Gebirgsbildung rutschen Hauterivienfetzen in Spalten des Valanginienkalkes.

G. STEINMANN (1899, 216): Durch den Druck des Rhonegletschers entstanden Längsspalten und Abhübe im Valanginien. Diese wurden durch den wachsenden Eisdruck mit Hauterivienmergel gefüllt.

H. SCHARDT (1905, 81): Hohlraumbildung präglacial zur Zeit der Juraufaltung durch Schichtabhübe und teilweise durch Erosion. Nachträgliches Hineinrutschen der Hauterivienmergel.

A. HEIM (1915, 611): «Hauterivienmergel durch postmiocaene Dislokation im Gebirgsinnern eingepresst in die Höhlen des unterliegenden, schon vorher (wahrscheinlich Eocaen) durchkarsteten Valanginienkalkes».

K. RYNIKER (1923, 72): «Interglacial, vorwiegend postrissisch erfolgte Felsschlipfe. Ihre Bildung wurde durch stratigraphische und tektonische Eigenheiten, sowie wiederholte Denudationsperioden begünstigt.»

2.2 Verbreitung

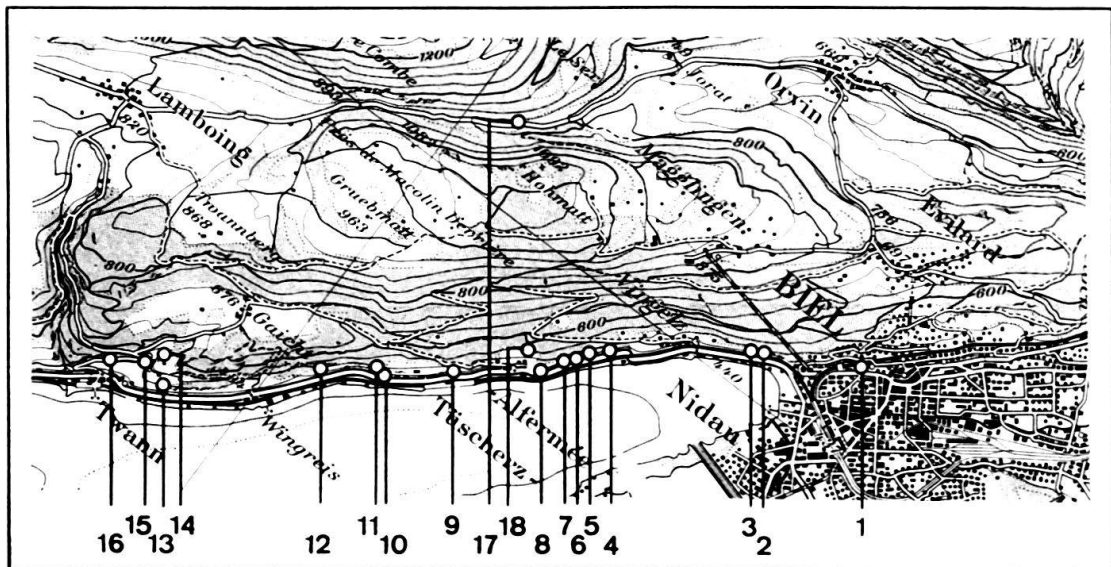
Die Hauterivien-Taschen sind vor allem auf die Seekette zwischen Biel und Neuenburg beschränkt; vereinzelt treten in der Gegend von St.-Imier (L. ROLLIER 1898, 70) und La Chaux-de-Fonds (J. FAVRE 1911, 455) auf. Am häufigsten sind sie am Fuss der Antiklinale von Biel bis Twann anzutreffen, wo auf einer gesamten Aufschlussfläche von ca. 0,6 km² in den Berriasien- und Valanginien-Sedimenten 26 Taschen vorkommen. Das Gebiet Bielersee–St.-Imier–La Chaux-de-Fonds stellt den östlichen Erosionsrand der Kreide dar. Diese für die Kreidesedimente besonders exponierte Lage dürfte weitgehend für die Verkarstung und anschliessende Taschenbildung verantwortlich sein (vgl. Abschnitt 2.3.1).

2.3 Die Taschen im Bielerseegebiet

2.3.1 Vorkommen, stratigraphische Lage, Füllmasse, Lagerungsweise

Im Gebiet zwischen Biel und Cressier wurden sämtliche aufgeschlossenen Taschen, insgesamt 28, eingehend bearbeitet (Feldaufnahme, paläontologische und sedimentpetrographische Untersuchungen). Sechs davon waren bis dahin unbekannt (Tab. 3). Fünf zurzeit nicht zugängliche Taschen wurden nach den Ausführungen von L. ROLLIER und E. JUILLERAT (1902, 59), E. BAUMBERGER (1903, 1) und K. RYNIKER (1923, 55) in die Tabelle 3 einbezogen. Da einige Hauterivientaschen teilweise verschüttet sind (TRi, TAL 1, TTü, TFa), mussten zur Vervollständigung Angaben aus früheren Arbeiten übernommen werden. (K. RYNIKER 1923, 55; H. ANDEREGG 1941, Taf. XI). Die Situation der Taschen, ihre tektonische Stellung, sowie die Ergebnisse der stratigraphischen Untersuchungen sind in Figur 17 und in Tabelle 3 dargestellt.

Nachfolgend seien die Beobachtungs- und Untersuchungsergebnisse zusammengefasst:



Reproduziert mit Bewilligung der Eidg. Landestopographie vom 26.2.65

Fig. 17. Übersicht zu den Hauterivientaschen (1–18) zwischen Biel und Twann (Maßstab 1:100000).

Tab. 3. Situation, stratigraphische Stellung und Füllmasse der Hauterivientaschen zwischen Biel und Cressier

SITUATION					FALLBETRAG	STRAT. STELLUNG			FÜLLMASSE							BEMERKUNG		
GEBIET	ORDNUNGS-NR IN FIG.	LOKALITÄT	TASCHENBEZEICHNUNG	KOORDINATEN		GOLDBERGFORMATION	MERGEL- & KALK-ZONE DES BERRIASIEN	MARBRE -BATARD	KOMPAKTE BLOCKMASSE	GOLDBERGFORMATION	MARBRE -BATARD	CALCAIRE ROUX	HAUTERIVIEN - MERGEL & MERGELKALK	ALBIEN	CENOMANIEN		MAESTRICHTIEN	ALTERTÄTER SUSSWASSERKALK?
T W A N N - B I E L	1	PASQUART	TPA1	584 980 / 220 990	CA 50°		—	•		•	•	•						
		"	TPA2	" / "	CA 50°		—	•		•	•	•						
	2	RIEDLI	TRI	583 970 / 220 350	CA 60°		—	•		•	•	•						
	3	GOLDBERG	TG01	583 820 / 220 320	CA 65°	—	—	•		•	•	•						
		"	TG02	583 800 / 220 300	CA 60°		—	—			?	•	•	•				TASCHE VERDECKT
	4	SCHLÖSSLI	TSC1	582 840 / 219 440	44°		—	—			•	•	•					
		"	TSC2	582 850 / 219 460	44°		—	—			•	•	•					
	5	RUSEL	TRU1	582 770 / 219 380	33°		—	—			•	•	•					
		"	TRU2	582 640 / 219 340	33°	—	—	—	•		•	•	•					
		"	TRU3	582 620 / 219 290	33°	•	—	—	•		•	•	•					
		"	TRU4	582 640 / 219 280	30°		—	—			•	•	•					
		"	TRU5	582 660 / 219 280	30°		—	—			•	•	•					
	6	FUNTELE - RUSEL	TFR	582 530 / 219 100	40°		—	—			•	•	•					
	7	FUNTELE	TFU	582 430 / 219 010	CA 35°		—	—			•	•	•					TASCHE VERDECKT
	8	ALFERMEE	TAL1	582 340 / 218 840	35°		—	—			•	•	•		•			
		"	TAL2	582 270 / 218 790	43°		—	—	•		•	•	•					
		"	TAL3	582 240 / 218 760	CA 50°		—	—			•	•	•					TASCHE VERDECKT
	9	TÜSCHERZ	TTÜ	581 730 / 218 330	CA 40°	•	—	—	•	•	•	•						
10	FLUHREBE	TFL1	580 990 / 217 750	56°		—	—	•		•	•	•						
11	FLUHREBE	TFL2	580 890 / 217 800	45°	—	—			•	•	•					NEUENTDECKTE TASCHE	
12	ROGETEN	TRG	580 490 / 217 500	CA 50°		—	—			•	•	•					NEUENTDECKTE TASCHE	
13	KAPF	TKA	579 130 / 216 350	70°		—	—			•	•	•						
14	CHROS	TCH	578 990 / 216 620	68°		—	—			•	•	•						
15	BURGFLOH	TBU	578 850 / 216 420	CA 60°		—	—			•	•	•					NEUENTDECKTE TASCHE	
16	HASLEN	THA	578 550 / 216 190	48°		—	—	•		•	•	•						
17	JORAT - TAL	TJO	IN CA. 840 M. HÖHE	CA 50°		—	—			?	•	•					T. VERDECKT, POSITION NICHT GENAU BEKANNT	
18	FRANZOSENWEG	TFA	582 090 / 218 990	CA 30°		—	—	•	•	•	•	•	•	•	•	•		
CRESSIER - TWANN		LIGERZ	TLI1	577 510 / 215 200	CA 40°		—			•	•	•						
		"	TLI2	577 410 / 215 140	CA 40°		—	•		•	•	•						
		TESSENBERG	TTE	IN CA. 860 M. HÖHE	CA. 5°		—	—			•	•						T. VERDECKT, POSITION NICHT GENAU BEKANNT
		LE LANDERON	TLA	571 430 / 213 030	15°		—	—			•	•	•					NEUENTDECKTE TASCHE
		CRESSIER	TCR1	569 150 / 211 580	48°		—	—	•		•	•	•					NEUENTDECKTE TASCHE
		"	TCR2	" / "	48°		—	—			•	•	•					NEUENTDECKTE TASCHE

1. Da die Kreide zumeist auf den Antiklinalrücken erodiert ist, sind die Taschen fast ausschliesslich auf die ziemlich steil einfallenden, aus Kreide bestehenden Antiklinal-Schenkel begrenzt. Die Taschen auf dem Tessenberg und nördlich Le Landeron beweisen jedoch, dass Taschen auch in schwach geneigten Schichten auftreten können.
2. Die Taschen sind nur in der Mergel- und Kalk-Zone des Berriasien, sowie im Marbe bätard zu beobachten. Vereinzelt reichen sie bis in die obersten Schichten

der Goldbergformation (Tab. 3). Die Taschenfüllmasse von TFl 2 (Nr. 11) dürfte sehr wahrscheinlich nachträglich verrutscht sein.

3. In den Taschen selbst oder ihrer Grenzzone sind stellenweise grosse Blockmassen festzustellen. Die eckigen, bis 3 m grossen Kalkblöcke aus der Mergel- und Kalk-Zone des Berriasien oder dem Marbre bâtard sind meist regellos gelagert und miteinander calcitisch fest verkittet. Der Übergang zwischen einer vollständig ungestörten Schichtfolge und einem wirren Blockgefüge kann an den Taschenrändern wiederholt festgestellt werden.
4. Mit zwei fraglichen Ausnahmen (TGo 2 und TJo) ist der Marbre bâtard immer an der Taschenfüllung beteiligt. Häufig sind blass rosa gefärbte Komponenten zu beobachten, die aus dem heute meist wegerodierten obersten Marbre bâtard stammen. Der Calcaire roux, meist in stark limonitischer Ausbildung, fehlt nur in fünf von 35 Fällen. Nebst den zwei fast ausschliesslich Calcaire roux führenden Taschen TTü (Nr. 9) und TTe bilden die Hauterivien-Mergel und Mergelkalke immer einen Hauptanteil der Füllmasse. Die Bezeichnung «Hauterivientaschen» ist daher vollkommen gerechtfertigt (K. RYNIKER 1923, 72). Die mergeligen Hauterivien-Sedimente sind meist dunkelgelb gefärbt; Mergel mit der ursprünglichen grauschwarzen Farbe sind nur in den Taschen von Cressier festzustellen (vgl. Abschnitt 4.3.2). Der Calcaire jaune de Neuchâtel konnte in keinem Fall mit Sicherheit beobachtet werden. Sehr vereinzelt treten Sedimente aus dem Albien, Cénomaniens, Maestrichtien und fraglichem Alttertiär auf. Erratische und siderolithische Spuren sowie Molasse-Sedimente fehlen.
5. Die Taschenfüllung ist kompakt, Hohlräume existieren nicht. Eine Einregelung der Komponenten ist nicht zu beobachten. Die Lagerung ist wirr, teilweise sind in den Mergeln Verbiegungen zu beobachten. Grössere Marbre bâtard-Blöcke sind im unteren Teil der Taschen angereichert. Die häufig an Mergeln und Kalken der Füllmasse vorkommenden Rutschharnische weisen keine einheitliche Richtung auf. Die Kalke aus der Mergel- und Kalk-Zone des Berriasien und dem Marbre bâtard sind vollständig eckig. Die Calcaire roux-Blöcke erreichen selten eine Grösse von 0,5 m, sie sind häufig leicht gerundet, insbesondere wenn sie weich und stark limonithaltig sind.
6. Die Grenze zwischen der mergeligen Füllmasse und dem Taschenrand ist scharf. Im allgemeinen weisen die Taschenwandungen keine Rutschharnische auf; häufig besitzen sie eine höckerige, karrige Oberfläche oder eine sinterige Kruste. In der unmittelbaren Umgebung der Taschen ist der Gesteinsverband teilweise durch zahlreiche Harnische und Klüfte gestört.
7. Die Taschen sind unregelmässig geformt (Spalten, Linsen, Gänge, Kamine, Höhlen usw.), irgendwelche Gesetzmässigkeiten in ihrer Gestalt sind nicht erkennbar. Die Grösse der aufgeschlossenen Taschenflächen ist sehr verschieden, sie variieren zwischen wenigen dm² (z.B. TSc 2) und mehr als 50 m² (z. B. TRu 3, Fig. 18). Lagebezeichnungen zum umgebenden Gesteinsverband sind nicht vorhanden. Je nach den Aufschlussverhältnissen können die Taschen oben durch das Anstehende überdeckt oder offen sein. Im letzteren Fall liegt erratisches Material der Füllmasse auf.

2.3.2 Paläontologische Untersuchungen

Unter den Makrofossilien sind die Cephalopoden und grösseren Pelecypoden meistens zerbrochen. Im allgemeinen sind jedoch die Steinkerne ebenso gut erhalten wie in den anstehenden Schichten. Gerollte Fossilien konnten nicht festgestellt werden. Der Mergel- und Knollenmergel-Zone des Hauterivien entsprechend, treten vor allem Rhynchonellen auf. Die Mikrofossilien sind nach ihrem Erhaltungszustand mit denjenigen aus oberflächennahen Schichten zu vergleichen, d. h. sie zeigen meist eine feine, rötliche, limonitische Kruste.

Mit Ausnahme einiger Taschen, die eine homogene, lithofaziell und makropaläontologisch eindeutig erkennbare Füllmasse enthalten, wurden die mergeligen Sedimente sämtlicher Hauterivien-Taschen mittels Ostrakoden chronostratigraphisch überprüft. Insgesamt wurden über 30 Schlämmproben ausgewertet. Dr. H. J. OERTLI (SNPA, Pau) bestimmte folgende, am häufigsten auftretende Formen:

- Hauterivien: *Protocythere triplicata* (ROEMER 1841)
Protocythere cf. hechti TRIEB
Protocythere sp.
Parexophthalmocythere rodewaldensis (BARTENSTEIN und BRAND 1959)
Cythereis senckenbergi TRIEBEL 1940
Cytherelloidea sp.
Orthonotacythere sp.
Monoceratina sp.
- Oberes Valanginien: *Protocythere emslandensis* BARTENSTEIN und BURRI 1955
Cytherelloidea rehbургensis BARTENSTEIN und BRAND 1959
Paracypris sp.

Da aus der Seekette am Bielersee kein Albien-Vorkommen ausser der Tasche im Goldbergsteinbruch (L. ROLLIER und E. JUILLARD 1902, 59) bekannt ist, erschien es angezeigt, die Ammoniten (MBGo 1–14, Museum Bern) aus TGo 2 neu zu bearbeiten. Dr. O. RENZ (Basel) bestimmte aus dieser Lokalität:

- Unteres bis Mittleres Albien: *Beudanticeras cf. subparandieri* (SPATH)
- Unteres Albien: *Hoplites dentatus* (J. SOWERBY)
Hoplites dentatiformis (SPATH)
Protophlites saulinianus (D'ORBIGNY)
Douvilleiceras mammillatum (SCHLOTHEIM)
Douvilleiceras monile (J. SOWERBY)
? *Cleoniceras cf. baylei* (JACOB)
- Hauterivien: *Acanthodiscus radiatus* (BRUG.)

2.4 Entstehung

2.4.1 Hohraumbildung

Der Gestalt und Wandung entsprechend, stellen die Taschen eindeutige Karsterscheinungen dar. Diese bald spalt-, gang-, höhlen- oder schlotförmigen Bildungen dürften während einer Festlandperiode durch unterirdische Wasser-

läufe erodiert worden sein (vgl. Abschnitt 2.3.3). Es ist anzunehmen, dass das Wasser vor allem auf den undurchlässigen Schichten der Goldbergformation und der Mergel- und Kalk-Zone des Berriasien zirkuliert hat. Damit überhaupt eine Wasserführung möglich war, mussten die Valanginienkalke durch Oberflächenerosion stellenweise vom undurchlässigen Mergel und Mergelkalk des Hauterivien bereits entblösst gewesen sein. Nur auf diese Weise konnte das Wasser durch ein Kluftsystem bis zur Goldbergformation, die die Malmkalke vor Verkarstung schützte, eindringen.



Fig. 18. Hauterivientasche im Steinbruch Rusel (TRu 3) mit einer aus Marbre bâlard-Blöcken (unten), Hauterivienmergeln und Calcaire roux (oben) bestehenden Füllmasse.

Dass die Oberflächenerosion vor der Auffüllung der Hohlräume schon weit fortgeschritten war, ist auch aus der dunkelgelben Farbe der Hauterivien-Mergel in der Füllmasse ersichtlich. Damit eine oxydative Verfärbung von grauschwarz zu dunkelgelb möglich war, musste die überlagernde Pierre jaune de Neuchâtel weg-erodiert sein. Dies ist auch aus dem Fehlen derselben in den Taschen ersichtlich. Da zudem in einer kompakt gefüllten Tasche eher mit Reduktionsbedingungen zu rechnen ist, musste die Oxydation vor der Verfrachtung erfolgen.

Vergleicht man die Aufnahmen im Ruselsteinbruch von SCHARDT und BAUMBERGER (1897, 186), L. ROLLIER (1898, 64) und K. RYNIKER (1923, 60) untereinander und mit den heutigen Verhältnissen, so geben die verschiedenen Taschenquerschnitte aneinandergereiht ein einheitliches Höhlensystem; die heute getrennten Taschen TRu 3, TRu 4 und TRu 5 waren ursprünglich miteinander verbunden.

K. RYNIKER (1923, 55) hat die Hohlraumbildung vor allem durch Schichtabhübe, Felsschlipfe und Überschiebungen zu erklären versucht und dazu verschiedene Beispiele gegeben. In Wirklichkeit lassen sich jedoch weder bei Riedli (K. RYNIKER: Goldberg), beim Schlössli noch bei Alfermée und bei Ligerz eindeutige Überschiebungen feststellen. Schichtabhübe, wie sie für die Tasche bei Chros angenommen wurden, sind nicht zu beobachten. Da der gesamte Schichtverband, das Dach der Taschen einbezogen, im Steinbruch Rusel absolut ungestört vorliegt, sind Hohlraumbildungen durch Felsschlipfe (K. RYNIKER 1923, 70 und 73) völlig ausgeschlossen.

2.4.2 Auffüllung

In grösseren Taschen ist stets eine gewisse Gradierung zu beobachten. Die grössten Marbre bâtard-Blöcke liegen zuunterst, während die Mergel und Mergelkalke des Hauterivien mit kleinen Cailloux roux- und Marbre bâtard-Blöcken im oberen Teil vorherrschen (Fig. 18). In kleinen gang- oder spaltförmigen Taschen überwiegen im allgemeinen die weichen Hauterivien-Sedimente. Eine derartige Verteilung der Komponenten lässt Gewölbe- oder Höhlendeckeneinbrüche vermuten: die Marbre bâtard-Decke stürzte ein und bedeckte mit grobem Blockschutt den Boden, das darüberliegende Material, insbesondere der Calcaire roux und die Hauterivien-Mergel füllten den restlichen Hohlraum auf. Vermutlich wurden weitere Sedimente eingeschwemmt und verfrachtet; da nur durch Verschwemmungen die lückenlose, kompakte Verteilung der Sedimente bis in die kleinsten Erosionsnischen und Zwickel erklärbar ist. Jegliche Spuren von erratischem Geschiebe oder Molassesedimenten fehlen in den Taschen. Nur schon aus diesem Grund ist die Annahme von K. RYNIKER (1923, 72), die Auffüllungen wären postrisseiszeitlich durch Felsschlipfe erfolgt, unwahrscheinlich.

2.4.3 Datierung der Taschenbildung

Die Durchkarstung der Valanginien- und Berriasien-Kalke muss während einer Festlandsperiode bei teilweise freiliegender Valanginien-Oberfläche erfolgt sein. Das war teilweise innerhalb folgender Zeitabschnitte der Fall: Hauterivien–Cenomanien, Cenomanien–Maestrictien (vgl. Abschnitt 1.3.2), Maestrictien–Oligocaen, Tortonien–Holocaen.

Für die Bestimmung der Auffüllungszeit sind folgende Untersuchungsergebnisse massgebend:

1. Die Füllmasse weist nur kretazische Sedimente (Berriasien-Maestrictien) und an einer Stelle fraglichen alttertiären Süsswasserkalk auf.
2. Spuren siderolithischer Verwitterung fehlen.
3. Sofern die Taschenöffnung aufgeschlossen ist, kann direkt über der Füllmasse, teilweise pfropfenförmig, erratisches Material beobachtet werden. Irgendwelche andere dazwischenliegende Sedimente fehlen, obwohl derartige Vertiefungen in der Oberfläche für Erosionsrelikte, z. B. Molassesedimente, prädestiniert sein müssten.
4. Die Auffüllung muss während einer Festlandsperiode stattgefunden haben.

Auf Grund dieser Tatsachen scheint es am wahrscheinlichsten, dass die Auffüllung der Hohlräume nach der Erosion der Molasse und vor der Eiszeit erfolgt sein muss. Am ehesten dürfte sie zwischen dem Unter- und Oberpliocen, während der zweiten Hauptphase der Jurafaltung (H. LINIGER 1953, 289) stattgefunden haben.

Es ist anzunehmen, dass die zahlreichen, verschieden gerichteten Rutschharnische in den Taschen während dieser pliocänen Faltungsphase entstanden sind. Da die Hohlräume im Gesteinsverband ausgesprochene Schwächezonen darstellen, konnte es schon vor der Auffüllung der Taschen zu Einstürzen kommen, wie dies die teilweise am Taschenrand liegenden, verfestigten Blockmassen (Tabelle 3) zeigen.

3. DIE CAILLOUX NOIRS

3.1 Bisherige Deutungsversuche

Am besten bekannt sind die Cailloux noirs aus dem «Purbeckien»; zahlreiche Schichten sind von ihnen derart dicht durchsetzt, dass sie an der Grautönung des Gesteins mitbestimmend sind.

Schon seit L. von BUCH (1818, 127) wurden jedoch vereinzelt Cailloux noirs-Horizonte auch in anderen stratigraphischen Niveaus beobachtet. Diese wenigen Vorkommen gerieten meist in Vergessenheit. Bezeichnenderweise wurde daher bei allen genetischen Deutungen der Cailloux noirs nur vom «Purbeckien» ausgegangen. A. CAROZZI (1948, 98) gab über die älteren Hypothesen einen ziemlich vollständigen historischen Überblick. Sie seien daher nur stichwortartig in einer Tabelle wiederholt:

Tab. 4. Deutungsversuche zur Herkunft der Cailloux noirs (1818–1927)

L. von BUCH (1818, 127):	Bruchstücke aus alpinem Malmkalk.
P. CHOFFAT (1876, 564):	Syngenetisch mit dem Purbeckien.
V. GILLIÉRON (1883, 1):	Aus dem Tithonien der Berra-Kette.
G. MAILLARD (1884, 70):	Von den Vogesen hertransportierte Relikte aus dem Dogger oder Lias.
A. GIRARDOT (1885, 747):	In Sümpfen syngenetisch mit dem Purbeckien durch Agglomeration oder molekulare Anziehung.
J. FAVRE und E. JOUKOWSKY (1913, 318):	Durch Erosion aus dem unmittelbar Liegenden, Herkunft rein lokal.
J. FAVRE und A. RICHARD (1927, 16):	Irgendwoher aus den darunterliegenden Kalkbänken. Herkunft nicht genau deutbar, da sich diese durch Oxydation verfärbt haben; während die Cailloux noirs durch umgebenden Zement davor geschützt waren. Jede Ablagerung der Cailloux noirs gibt eine Oszillation wieder, die nicht unbedingt zu einer Emersion führen musste.

Sehr ausführlich hat sich A. CAROZZI 1948 in seiner Dissertation mit den Cailloux noirs befasst. Nach umfangreichen Feldbeobachtungen im schweizerischen Purbeckien und zahlreichen Dünnschliffuntersuchungen kommt er zu folgenden Schlussfolgerungen: