Tektonik des Doubstals und der Freiberge in der Umgebung von Saignelégier (Faltenjura)

Autor(en): **Suter, Max**

Objekttyp: **Article**

Zeitschrift: **Eclogae Geologicae Helvetiae**

Band (Jahr): **69 (1976)**

Heft 3

PDF erstellt am: **29.04.2024**

Persistenter Link: https://doi.org/10.5169/seals-164530

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

Eclogae geol. Helv.	Vol. 69/3	Seiten 641-670	16 Textfiguren 1 Falttafel	Basel, November 1976

Tektonik des Doubstals und der Freiberge in der Umgebung von Saignelégier (Faltenjura)

Von MAX SUTER[1])

ABSTRACT

The Doubs valley near Goumois offers exposures of a structural level not exposed in the surrounding uplands of the Jura and thus permits insight into their tectonics, particularly that of the Franches Montagnes. Characteristic structures are small folds whose limbs approach the shape of kink bands, and thrusts with dips between 6° and 26°. The overthrust slab is frequently folded, and sometimes folding of the thrusts themselves is observed.

Some structures strike approximately east and interfere with others striking northeast. The most prominent of the latter is the Gipou thrust and fold which grows towards the southwest as a number of west striking anticlines successively merge into it.

1. Einleitung

Das Untersuchungsgebiet (rund 45 km²) umfasst die schweizerische Seite des Doubstales zwischen La Goule und Moulin Jeannottat (NW Saignelégier, Berner Jura), die östlich und südlich anschliessenden Freiberge, soweit sie sich auf Blatt Saignelégier befinden (Landeskarte 1:25000, Blatt 1104), und einen Teil der französischen Doubsseite (Gourgouton, Fuesse).

An früheren, dieses Gebiet ganz oder teilweise einschliessenden Arbeiten seien erwähnt: ROLLIER (1893), Carte géologique de la France 1:80000, Feuille 114, Montbéliard (1891, 1933, 1968); 1:50000, Feuille XXXVI-23, Damprichard (1965), SCHUH (1914), LÜTHI (1949), FILLIAT (1954), die letzten drei mit Kartierungen 1:25000.

Eine Neukartierung wurde unternommen, um die Tiefenaufschlüsse des Doubstales - die einzigen in einer weiteren Umgebung - für die tektonische Analyse der Hochfläche der Freiberge besser zu erfassen. Die Geometrie der Falten und Überschiebungen wurde analysiert und der Versuch unternommen, sie in eine Anzahl von Deformationstypen aufzugliedern.

Die Vergitterung von E- mit NE-streichenden Falten stellte die Frage nach der Abfolge der beiden Deformationsrichtungen. Für die Existenz der NE-streichenden

[1]) Geologisches Institut der Universität, Bernoullistr. 32, CH-4056 Basel.

Strukturen (deren Richtung nicht mit dem lokalen Streichen des Jurabogens übereinstimmt) wurde, u.a. durch die Auswertung von Kluftmessungen, eine Erklärung gesucht.

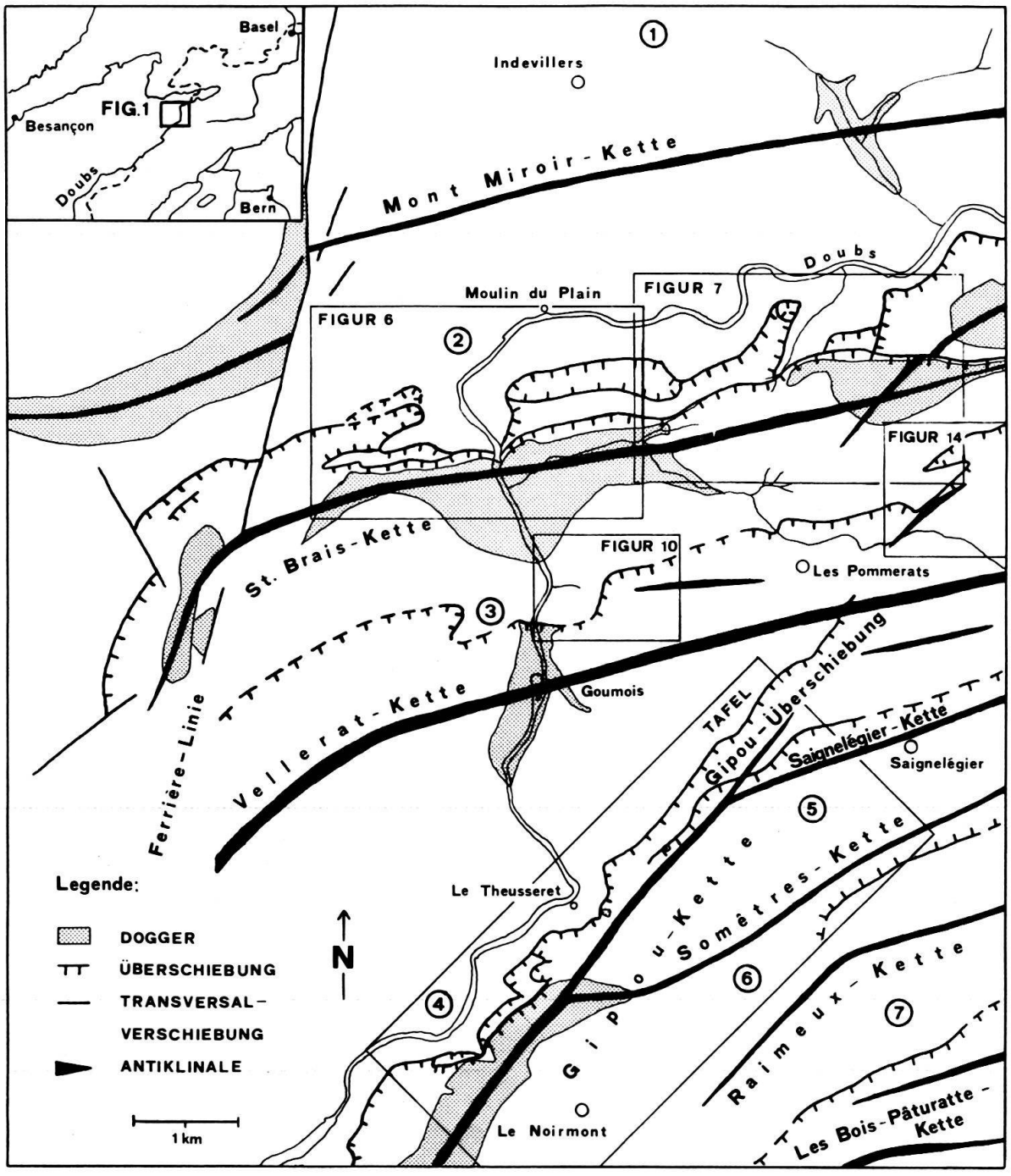


Fig. 1. Tektonische Übersichtskarte.
Synklinalen: *1* = Mulde von Pâture des Plains. *2* = Mulde von Les Rosées-Clairbief. *3* = Mulde von Les Sairins. *4* = Mulde von La Goule. *5* = Mulde von Les Muriaux. *6* = Mulde von Fond des Charmattes. *7* = Mulde von Chantereine - Les Prailats.

2. Lithostratigraphie

Quartär

Östlich von Goumois befinden sich bis auf eine Höhe von 560 m alte Doubs-Schotter. Diese liegen auf Dalle nacrée, die oberen Horizonte vermutlich auf Renggeri-Ton. Die Auflagefläche ist 150 m E des Zollhauses an einem Weganschnitt aufgeschlossen.

Neben gut gerundeten und sortierten lokalen Kalkgeröllen hat es etwa 1% kristalline Komponenten, vor allem Gneisse und Glimmerschiefer. Nach SCHUH (1914, p.46) handelt es sich um fluvoglaziale, sekundäre Akkumulationsprodukte risszeitlicher Moränen des Rhonegletschers. Am besten aufgeschlossen sind die Schotter in einer aufgelassenen Grube (563.300/234.650) oberhalb des vorhin erwähnten Weganschnittes.

Die Verflachungen NE und SE von Goumois auf einer Höhe von 550–570 m (60–80 m über dem heutigen Flussniveau) sind vermutlich *Relikte früherer Talsohlen:* Sie werden von den unmittelbar tiefer liegenden, an die Terrasse anstossenden Gebieten durch die vorhin erwähnten Schotter abgegrenzt.

BUXTORF & LEHNER (1920, Fig.2) sahen in diesen Schottern die Füllung einer alten, bis auf das heutige Doubsniveau oder noch tiefer reichenden Flussrinne, die vom heutigen Flussbett durch eine schmale Wand von Dalle nacrée getrennt sei. Dies trifft jedoch nicht zu: Am Hang N von Mouillet kann beobachtet werden, wie die Auflagefläche der Schotter auf die Dalle nacrée eine schwache, stetige Neigung zum heutigen Doubslauf hin aufweist.

Längs des Doubstales zwischen La Goule und Moulin Jeannottat sind grössere Rutschungen (Reuchenette-Formation W Muriaux), Ablagerungsgebiete von Bergsturzmaterial (La Goule, Talkessel von Goumois, W Château Cugny) und Gehängeschutt festzustellen.

BUXTORF (1922, Fig. 1) nahm an, dass die Talsohle des interglazialen Doubslaufes zwischen Biaufond und Soubey tiefer lag als die heutige, dass die tiefste Durchtalung mit Schutt aus den Talflanken gefüllt sei. Eine generelle Verschüttung der Felssohle muss jedoch ausgeschlossen werden: Beim Kraftwerk von La Goule (Hauptmumienbank) und bei Moulin du Plain (Vorbourg-Kalke) verbinden Felsschwellen die beiden Ufer. Auch dürfte die Lage einiger Doubsinseln die Folge einer durch abtauchende Kalkbänke verursachten lokalen Erosionsbasis sein.

Tertiär

In der Mulde von Les Rosées-Clairbief konnte an der Strasse Goumois-Fessevillers (561.900/237.350, Fig.6) von oben nach unten folgendes Profil aufgenommen werden:

—	überschobene Kalke der Reuchenette-Formation;
2 m	Aufschlusslücke;
6 m	gelbbraune Mergel, z.T. mit Geröll-Linsen. Schlämmrückstände: Quarz, Glaukonit, Klümpchen von Süsswasserkalk, Chara-Oogonien;
3 m	schlecht sortierte Gerölle in Tonmatrix. Mehr Ton als Gerölle. Steril. Schlämmrückstände: viel Quarz, Glaukonit, Limonit;

10 cm graublaues Tonband. Steril. Schlämmrückstände: viel Quarz (z.T. idiomorph), Glaukonit, Limonit;

3–5 m Konglomerat. Komponenten aus der Twannbach-Formation, gut gerundet. In der Matrix Quarz und Bohnerzkörner. Z.T. Aufschlusslücken;

— Kalke der Twannbach-Formation.

Es handelt sich um lokale, limnisch-fluviatile Ablagerungen. Lithologisch besteht eine grosse Ähnlichkeit mit den Konglomeraten von Pruntrut (Konglomerate, bunte Mergel, Süsswassertuffe, verschwemmter Boluston), die von SCHNEIDER (1960) ins Sannoisien gestellt werden.

Ein weiteres, zurzeit schlecht aufgeschlossenes Tertiär-Vorkommen gleicher Lithologie beschreibt ROLLIER (1898, Fig. 58) aus der Mulde von Pâture des Plains bei Indevillers: Konglomerate und Boluston sind dort in einer Rinne abgelagert worden, die vertikal bis unter die Pterocera-Mergel reicht, während weiter westlich Kalke der Twannbach-Formation aufgeschlossen sind.

Es fällt auf, dass die beiden Vorkommen von Indevillers und Fessevillers genau in der axialen Verlängerung eines etwa 10 km entfernten unteroligozänen Rinnensystems liegen, welches SCHNEIDER (1960, Fig. 5) in der Ajoie rekonstruiert hat. Anderseits nähert man sich auch dem Gebiet, wo konglomeratische obere Süsswassermolasse direkt dem Malm aufliegt (FORKERT 1933, Blatt Tramelan).

Eine Datierung der beiden Aufschlüsse war nicht möglich. Es kann jedoch ausgeschlossen werden, dass es sich um obere Meeresmolasse handelt, wie dies auf Blatt Damprichard (1965) und auf der Geologischen Karte der Schweiz 1:500000 (1972) dargestellt wird.

Weitere Tertiär-Vorkommen:

— Morphologisch nicht hervortretende, maximal 300 m breite Rinne S von Chauvillers, welche vertikal bis an die Obergrenze der Vorbourg-Kalke reicht. Füllung aus schlecht sortierten, kaum gerundeten, lokalen Kalkgeröllen, vermischt mit Boluston. Guter Aufschluss unmittelbar unter der Verbindungsstrasse Indevillers–Fuesse (565.350/240.750), wo die Geröllbänke etwa 5–10°N geneigt sind, während die Hangneigung 20°S beträgt. Die Ablagerungen dürften deshalb gefaltet sein.

— Kleinere Vorkommen in Fessevillers S der Hauptstrasse und 200 m SW von La Charotte Dessus. Beim W Dorfausgang Grube in Bolustonen mit unregelmässig eingelagerten Kalkgeröllen.

— Konglomerat aus Kalken der Twannbach-Formation (intraformationell ?) ESE von Les Emibois, unmittelbar SE von P. 980.

Malm

Das aufgeschlossene Mesozoikum reicht von der Twannbach-Formation bis zum unteren Dogger. Bei einer Gesamtmächtigkeit von rund 600 m ergibt sich (unter Vernachlässigung der Kompaktion und der in diese Zeitspanne fallenden möglichen Erosion) eine mittlere Sedimentationsrate von 0,002 cm pro Jahr, welche mehr oder weniger identisch mit der damaligen Absenkungsrate des Sockels sein dürfte.

Twannbach-Formation (früher Portland)

Dünnbankige, gut geschichtete Kalke (Mudstone–Wackestone) orangegelber Farbe, deren unterste Bänke zahlreichen zoogenen Detritus enthalten. Abgrenzung gegen die im Liegenden folgende Reuchenette-Formation durch die 120 cm mächtigen Virgula-Mergel. Im Arbeitsgebiet sind nur maximal die untersten 20 m erhalten geblieben.

Reuchenette-Formation (früher Kimmeridge)

Schichtabfolge zwischen dem Dach der Verena-Schichten und dem Dach der Grenznerineenbank (THALMANN 1966). Die gut gebankte Formation (140–150 m) lässt sich einzig durch die etwa 5 m mächtigen *Pterocera-Mergel* gliedern (aufgeschlossen an der Strasse Les Pommerats - Vautenaivre bei P.812 und an der Weggabelung E der Combe Chabroyat, 564.650/237.750).

Unter den Pterocera-Mergeln befindet sich 15 m feingebankter (Bänke von 10 cm), gelbbrauner Mudstone-Wackestone (selten Packstone), auf den nach unten Kalke gleicher Lithologie, aber gröberer Bankung (Bänke von 1–2 m) folgen.

Die Abfolge oberhalb den Pterocera-Mergeln besteht aus Kalken heterogener Textur. Beste Aufschlüsse an der Strasse Goumois-Charmauvillers SW von Valloreil, an der Strasse Les Pommerats-Vautenaivre und an der Strasse Charmauvillers-Damprichard (558.350/232.800).

Verena-Schichten

Im Süden heller, oolithischer bis onkolithischer, beinahe ungeschichteter Kalk von 15–20 m Mächtigkeit, der nach Norden längs der Verbindungslinie La Goule - Muriaux - Sur le Bémont in Wackestone-Packstone übergeht.

Vellerat-Formation

Die Vellerat-Formation (BOLLIGER & BURRI 1970) ist in den Freibergen durch zahlreiche Profilaufnahmen von P.A. ZIEGLER (1956) dokumentiert.

Humeralis-Schichten: 15–20 m dunkelbraune, feingebankte Mikrite (Wackestone-Packstone), die dem dünnbankigen Teil der unteren Reuchenette-Formation lithologisch sehr ähnlich sind. Nach unten kontinuierlich in 5–10 m gelbbraune, fossilreiche Mergelkalke und Mergel übergehend.

Hauptmumienbank-Komplex: Gut gebankte Mikrite, Oolithe und Onkolithe von insgesamt 10–15 m Mächtigkeit. Im Übergang zu den Humeralis-Schichten die *Oolithe rousse*, ein rotbraun anwitternder, oolithischer Kalk, dessen Mächtigkeit an der Strasse Vautenaivre - Les Pommerats nur wenige Zentimeter beträgt, nach S jedoch auf 5–7 m zunimmt (guter Aufschluss NE Le Noirmont, 564.350/231.400).

Natica-Schichten: Gelbbraun anwitternde Mergel und Mergelkalke (20–25 m). Es konnte kein lückenloses Profil gefunden werden. In der Combe de la Rochette (W Muriaux, 564.300/232.550) besteht die Basis aus 4 m graublauen Mergeln, über denen 2,5 m graublauer, oolithischer Packstone folgt. Im Hangenden nur teilweise aufgeschlossene Mergel mit dünnen Kalkeinschaltungen.

Vorbourg-Kalke (M.A. ZIEGLER 1962): 20–25 m mächtige, gut gebankte, braune, hell anwitternde Mikrite (Mudstone-Wackestone). Vereinzelt Bänke onkolithischer Ausbildung. Im Gegensatz zu den oben beschriebenen Formationen und Teilformationen des Malms nicht im ganzen Arbeitsgebiet vorhanden. Südliche Verbreitungsgrenze: Les Frécheux - Les Côtes - Sur le Cras - Le Culat - Sur le Bémont.

Moutier-Korallenkalke (BOLLIGER & BURRI 1970): An der Basis oolithischer Grainstone in Bänken von 10–40 cm, der in ungebankten Grainstone (Ooide, Bruchstücke von Korallen und Echinodermen) und Linsen von koralligenem Boundstone übergeht. Die insgesamt 15–20 m mächtige Formation wird im N von

den Pichoux-Kalken unterlagert, S von Cerneux Renard - Le Roselet von den Effinger Schichten. Im lateralen Übergang (?) von den Vorbourg-Kalken zu den Moutier-Korallenkalken scheint bei Cotirnat (W Saignelégier) die ganze Abfolge aus Onkolithen zu bestehen.

St. Ursanne-Formation (BOLLIGER & BURRI 1970)

Kreidige Kalke von St. Ursanne (PÜMPIN 1965): Teilformation im Liegenden der Vorbourg-Kalke mit einer Mächtigkeit von 20–25 m. Gelblich-weisser Pisolith mit zahlreichen gerundeten Fossiltrümmern, weisser, schlecht gebankter Packstone und oolithisch-biodetritischer Grainstone. Der Übergang in die nach unten folgenden Rauracien-Korallenkalke scheint kontinuierlich zu sein. Die südliche Verbreitungsgrenze konnte nicht festgelegt werden, da gute Aufschlüsse fehlen.

Rauracien-Korallenkalke: Biodetritische, z.T. verkieselte Kalkarenite, korralligener Boundstone und oolithischer Grainstone von insgesamt 30–40 m Mächtigkeit. Ein Teil der Rauracien-Korallenkalke dürfte lateral in die Moutier-Korallenkalke übergehen. Die Verbreitungsgrenze zwischen diesen beiden Teilformationen wird dort gezogen, wo die Vorbourg-Kalke erstmals auftauchen.

Effinger Schichten

Braungraue Mergelkalke und Mergel S der Linie Cerneux Renard - Le Roselet mit nach S zunehmender Mächtigkeit. Begrenzung nach oben durch die Moutier-Korallenkalke, nach unten durch die Pichoux-Kalke. Bei der Bahnunterführung S von Les Peux (566.225/229.900) sind im Übergang aus den Moutier-Korallenkalken in die Effinger Schichten 1–2 m Packstone in Bänken von 30 cm aufgeschlossen, welche mit Mergeleinschaltungen von 3–5 cm abwechseln.

Pichoux-Kalke (BOLLIGER & BURRI 1970)

Gut gebankte, dunkelbraune Kalke (Mudstone-Wackestone) mit Mergelzwischenlagen. Die Formation tritt S der Verbindungslinie Les Frécheux - Les Côtes - Muriaux - Saignelégier auf. Sie befindet sich im Liegenden der Moutier-Korallenkalke, S der Linie Cerneux Renard - Le Roselet im Liegenden der Effinger Schichten. Ihre Mächtigkeit beträgt im N 50–60 m und nimmt nach S ab.

Liesberg-Schichten

Koralligener, feingebankter, z.T. silifizierter Boundstone von 10–15 m Mächtigkeit. Guter Aufschluss an der Strasse Goumois-Charmauvillers (S La Rancenière). Südliche Begrenzung: Les Frécheux - Les Côtes - Le Craloup - Sur le Cratan.

Terrain à Chailles

Wechsellagerung von graublauen Mergeln mit Horizonten von in Mergel eingelagerten, 10–25 cm grossen, rundlichen Mergelkalk-Knauern. Im N 30 m mächtig, gegen S mit den Liesberg-Schichten auskeilend. Aufschluss an der Strasse Les Pommerats-Vautenaivre bei P.692.

Renggeri-Tone

Graublaue, schlecht aufgeschlossene Tone. Im N 60 m, im S schätzungsweise 20–30 m mächtig.

Dogger

Oberer Dogger

Die *Dalle nacrée* (28–30 m) besteht aus feingebanktem, in frischem Zustand graublauem Grainstone (Bioklasten, einzelne Ooide) mit nach unten zunehmender Korngrösse. Sie ist häufig kreuzgeschichtet. Ihre Oberfläche ist als «hardground» ausgebildet und angebohrt (Bachbett S Les Epoirons, 560.800/235.950). Die Anceps-Athleta-Schichten konnten nicht beobachtet werden, die Füllung einiger Bohrlöcher mit Eisenoolith am oben erwähnten Aufschluss lässt jedoch mindestens lokal auf eine ursprüngliche Ablagerung dieser Schichten schliessen.

Die Dalle nacrée geht kontinuierlich in die etwa 10 m mächtigen *Callovientone* über: Graublaue Tone (30–80 cm) alternieren mit 10 cm mächtigen Mergelkalkbänken (Bachbett SE Les Roies, 564.250/237.000).

Das Liegende der Callovientone besteht aus dem *Calcaire roux sableux* (5–6 m). Er weist eine ähnliche Lithologie wie die Dalle nacrée auf, ist jedoch feinkörniger als diese, gröber gebankt und nie kreuzgeschichtet. Die 20–40 cm mächtigen Bänke werden durch 3–5 cm dünne Mergelzwischenlagen getrennt. Die Oberfläche ist wie bei der Dalle nacrée als «hardground» ausgebildet und angebohrt (Bachbett E Derrière la Roche, 561.150/236.400).

Mittlerer Dogger

Der *obere Hauptrogenstein* (18–20 m) beginnt mit der Pierre blanche, einer gut gebankten, rund 8 m mächtigen Sequenz von weissem bis crèmefarbenem Mudstone, der in den oberen Lagen rosarote Onkoide enthalten kann. Der oberste Teil der Pierre blanche ist uneben, ausgewaschen und wird von bis zu 25 cm tiefen Bohrlöchern durchdrungen (Strasse Goumois – Moulin du Plain, 562.950/235.800). Der untere Teil des oberen Hauptrogensteins besteht (nach einem Übergangsbereich von Mikrit mit aufgearbeiteten Oolith-Fetzen) aus oolithischem Grainstone in der typischen Hauptrogenstein-Fazies. Die untersten Bänke sind häufig kreuzgeschichtet.

Die *Acuminata-Schichten* (6–8 m) bestehen aus in frischem Zustand graublauen Mergeln und biodetritischem Grainstone (Typ Calcaire roux sableux). Ein guter Aufschluss befindet sich am Bief de Vautenaivre (564.075/236.750).

Der *untere Hauptrogenstein* (rund 70 m) tritt nur im Kern der St. Brais-Kette (Doubsklus N Goumois) und in der Gipou-Kette (W Les Côtes) zutage. Die monotone Formation setzt sich aus gut gebanktem, häufig kreuzgeschichtetem Grainstone zusammen. Eine weitere Gliederung ist nicht möglich. Die Korngrösse und der Gehalt an Bioklasten (vor allem Echinodermenbruchstücke) scheinen nach unten zuzunehmen.

Unterer Dogger

Der einzige Aufschluss befindet sich im Kern der Gipou-Kette (562.600/230.975). Nach der korallenführenden Untergrenze des unteren Hauptrogen-

steins und 2 m Aufschlusslücke folgen 3 m stark eisenhaltiger, dunkelbraun verfärbter Grainstone, der neben vereinzelten Ooiden Echinodermen- und Muschelbruchstücke aufweist.

3. Tektonik

Mont Miroir-Kette

Die Mont Miroir-Kette (ROLLIER 1898) entwickelt sich W der rheintalischen Störungen B10-B11 (NW Epauvillers) aus der Clos du Doubs-Kette s.str. (DIEBOLD 1960). Nach einem NE-streichenden Segment mit einem Axialgefälle von 5°, welches in der N Verlängerung der Gipou-Überschiebung liegt, streicht die Kette N80E. Die Faltenachse, die zwischen der Doubsschlinge von Soubey und dem Tal

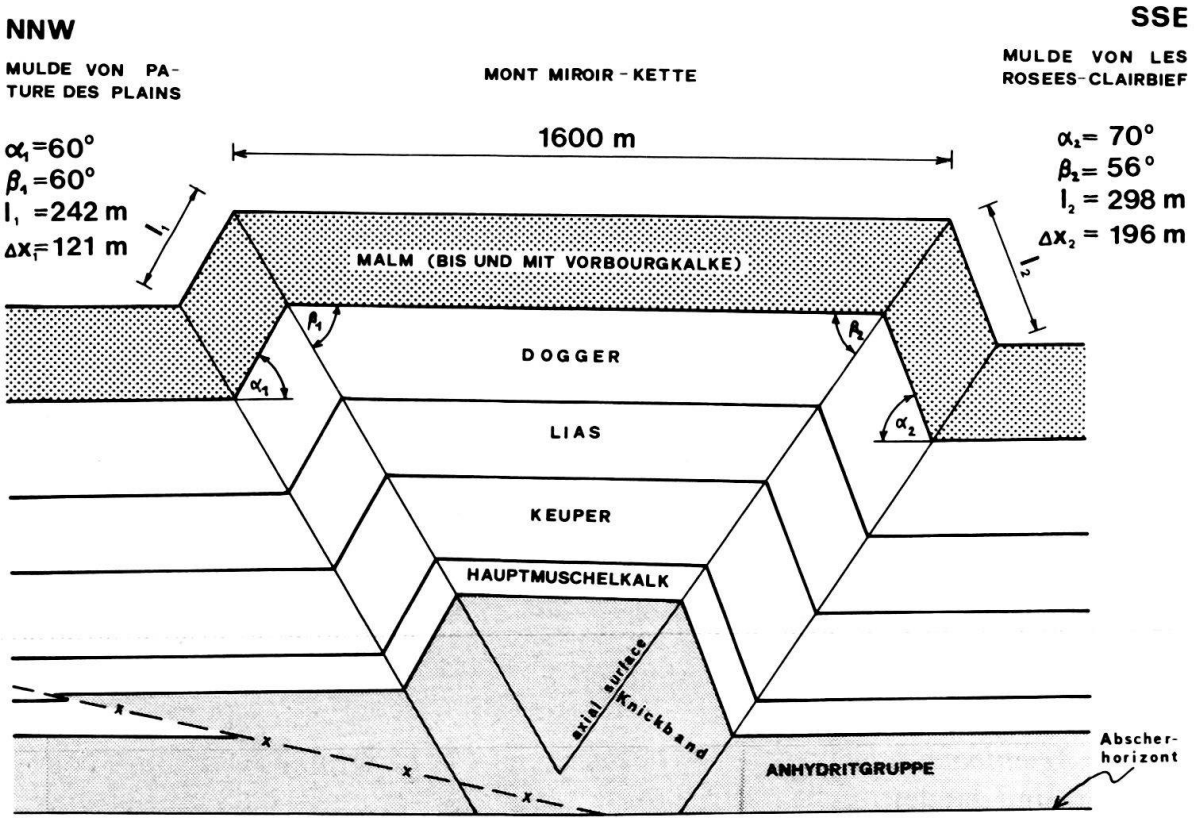


Fig. 2. Schematisches, bis auf den Abscherhorizont gezeichnetes Profil der Mont Miroir-Kette. Die Profilspur verläuft unmittelbar W des Tals der Fuesse und senkrecht zur Faltenachse. Symbole nach RAMSAY (1967, Fig. 7-121), Mächtigkeiten der nicht aufgeschlossenen Formationen nach BÜCHI et al. (1965).

Die lineare Verkürzung $\sum_{i=1}^{2} \Delta x_i = l_i(1-\cos\alpha_i)$ kann nicht mit der (hier weit grösseren) volumetrischen Kompression (Prinzip der kurvimetrisch-volumetrischen Konkordanz, LAUBSCHER 1965, p. 257ff.) verglichen werden, da die Mont Miroir-Kette nach N ein offenes System darstellt.

Die berechnete Steigung des Abscherhorizontes unter der Epiquerez- und der Mont Miroir-Kette wurde hypothetisch auf den nördlichen Teil von Figur 2 konzentriert, um damit anzudeuten, dass eine Zunahme der Steigung (und die damit verbundene Spannungskonzentration) als Auslöser für die am Nordende der Epiquerez-Kette ausbeissende Überschiebung gedient haben könnte.

der Fuesse noch 2½° fällt, erreicht S von Indevillers ihren tiefsten Punkt und steigt dann gegen die Ferrière-Linie zu wieder an.

Meine Aufnahmen im Gebiet der Mont Miroir-Kette beschränkten sich auf das Tal der Fuesse, wo diese in einer Klus bis auf die Dalle nacrée aufgeschlossen ist. Es handelt sich um eine *Knickfalte* mit einer Verkürzung von 345 m, die dank ihrem einfachen Bau (Fig. 2) modellähnlichen Charakter aufweist: Das am Westrand der Klus in den Vorbourg-Kalken aufgeschlossene Dach mit einer nach S gerichteten Neigung von 1½° ist über Scharniere mit sehr engen Krümmungsradien (Fig. 3) und 60°, bzw. 70° fallende Schenkel mit den anschliessenden Synklinalen verbunden. Verlängert man die vier Ebenen, auf denen die Zentren der Krümmungsradien der Scharniere liegen (axial planes), so schneiden sich die oberen beiden erst in der Anhydrit-Gruppe des mittleren Muschelkalks. Es kann daher angenommen werden, dass die Mont Miroir-Kette im Bereich der Fuesse auf dieser inkompetenten Schicht abgeschert wurde.

Die am Nordrand der (N der Mont Miroir-Kette gelegenen) Epiquerez-Kette ausbeissende Überschiebung (DIEBOLD 1960) ist nicht auf die Antiklinalflanke beschränkt, sondern eine Mohr'sche Überschiebung, welche bis unter die Mont Miroir-Kette reichen dürfte: Die zwischen Mont Miroir- und Epiquerez-Kette gelegene Mulde von Pâture des Plains liegt um 70 m höher als die Synklinale N der Epiquerez-Kette (Tafel von Ocourt) und um 110 m höher als die Synklinale S der Mont Miroir-Kette (Mulde von Les Rosées–Clairbief). Epiquerez- und Mont Miroir-Kette bilden zusammen ein Antiklinorium.

Aus der Höhenlage korrespondierender, flachliegender Schichten der Tafel von Ocourt und der Mulde von Les Rosées–Clairbief ergibt sich (immer die Abscherhypothese vorausgesetzt) zwischen diesen beiden Strukturen ein Sockelgradient von ½° S. Es kann dabei vorausgesetzt werden, dass an den beiden Messpunkten keine grösseren Deformationen zwischen Oberfläche und Abscherhorizont vorhanden

Fig. 3. Nördliches Knickband der Mont Miroir-Kette W der Fuesse. Am linken Rand flachliegende Rauracien-Korallenkalke (unteres Felsband) und Vorbourg-Kalke (Felsband am Horizont) des Faltendeckels. Weiter rechts der mit 60°N einfallende Nordschenkel und flachliegende Kalke (untere Reuchenette-Formation) der Mulde von Pâture des Plains.

sind und dass die Änderung in der Mächtigkeit des Gesamtsedimentstapels über diese kurze Distanz minim ist (vgl. BÜCHI et al. 1965). Der basale Abscherhorizont dürfte hier somit ± horizontal liegen.

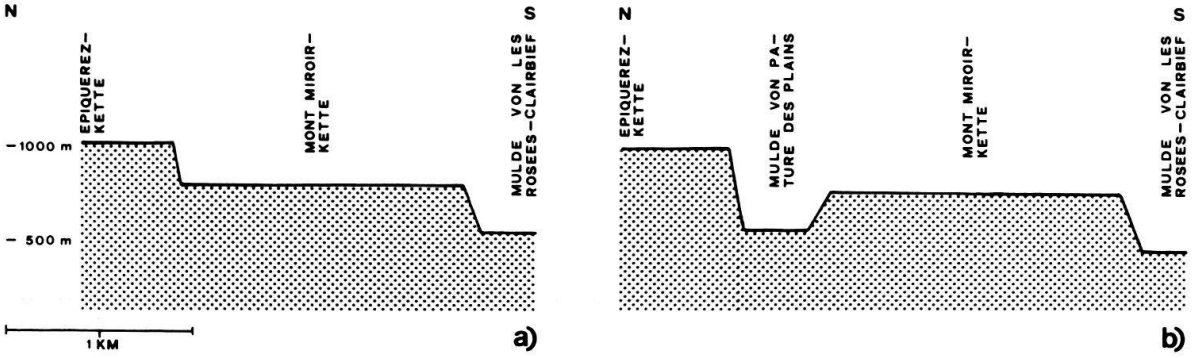


Fig. 4. Übergang von der Mont Miroir- zur Epiquerez-Kette, *a)* im Gebiet von Froidevaux (nach GLAUSER 1936, Profil 18), *b)* im Gebiet der Fuesse. Bezugshorizont: Obergrenze der Vorbourg-Kalke.

Etwas östlich der Fuesse, im Gebiet von Froidevaux, geht das Dach der Mont Miroir-Kette direkt in den Südschenkel der Epiquerez-Kette über (Fig. 4a) und ist noch 250 m höher gelegen als die Mulde von Les Rosées-Clairbief: Die Kompression des Nordschenkels fällt weg, diejenige des Südschenkels ist reduziert.

Der Südschenkel der Mont Miroir-Kette dürfte kinematisch zur unter der Epiquerez-Kette gelegenen Überschiebung gehören, indem er das Hangende über ein Knickband mit den auf Normalhöhe gelegenen Schichten (Mulde von Les Rosées-Clairbief) verbindet. Weiter westlich (Fuesse, Fig. 4b) entsteht als weiteres kinematisches Element ein zweites Knickband (Nordschenkel), während der Südschenkel von einer zusätzlichen Verkürzung überlagert wird.

Mulde von Les Rosées-Clairbief

Die W-E streichende Mulde von Les Rosées-Clairbief (GLAUSER 1936) (Fig. 1, 6, 7) fällt im Ostteil des Arbeitsgebietes mit dem Doubstal zusammen. Sie ist eine im wesentlichen ungefaltete Tafel, die zwischen Moulin du Plain und Moulin Jeannottat flach liegt, östlich davon gegen die Querstörung von Masseslin (GLAUSER 1936) und westlich davon gegen die Ferrière-Linie ansteigt.

Eine in der Mulde, kurz vor dem Umbiegen zum Südschenkel der Mont Miroir-Kette bei Moulin Jeannottat aufgeschlossene, W-E streichende Deformation (Fig. 5) verdient nähere Beachtung: In den gut gebankten Kalken der Reuchenette-Formation können zwei divergierende Überschiebungen und eine auf das Hangende der oberen Überschiebung beschränkte, asymmetrische Kleinfalte festgestellt werden. Kinematische Interpretation: Während in den unteren Kalkbänken die Kompression nur durch Translation erreicht wird, kommt nach oben zunehmend eine Rotationsbewegung dazu, welche die Überschiebung verfaltet und sie dadurch stabilisiert. Am oberen Ende des noch unverfalteten, aktivierbaren Teils der

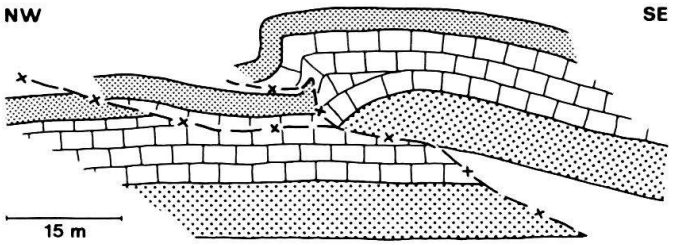


Fig. 5. Deformation in der Mulde von Les Rosées-Clairbief unweit Moulin Jeannottat.

Überschiebung entsteht eine Spannungskonzentration, die längs einer Schwächezone (Mergelfuge) eine neue Überschiebung auslöst (vergl. LAUBSCHER 1976*a*).

Deformationen, die sich aus einer Überschiebung und aus auf das Hangende der Überschiebung beschränkter Rotation zusammensetzen, sind für das bearbeitete Gebiet typisch. Solche Strukturen werden im folgenden *Überschiebungsfalte* genannt.

Westlich des untersuchten Gebietes zieht die etwa N–S verlaufende *Ferrière-Linie* durch die Mulde von Les Rosées-Clairbief – ein bis ins Val de Ruz verfolgbares, komplexes System von sinistralen Horizontalstörungen. In ihrer N Fortsetzung liegt die alttertiäre Abschiebung von Charmois (Westrand des Grabens von Dannemarie), welche S von Badevel noch eine Sprunghöhe von 200–220 m erreicht (THÉOBALD 1967; vgl. auch Geologische Karte der Schweiz 1:500000, 1972).

St. Brais-Kette

Die St. Brais-Kette (THURMANN 1836) beginnt im W an der Ferrière-Linie. Im Gebiet zwischen der Ferrière-Linie und der Strasse Goumois-Fessevillers ist die dort mit 6° nach Osten abtauchende Falte deutlich sinistral abgelenkt worden. Weiter östlich zeigt die St. Brais-Kette bei horizontal liegender, N 80 E streichender Achse einen einheitlichen, aber komplizierten Aufbau bis ins Gebiet von Patalour (Ostrand von Blatt Saignelégier), wo ein Kernaustausch und Interferenz mit NE-streichenden Strukturen stattfindet.

Die Kette ist N von Goumois in beinahe idealer Weise aufgeschlossen, nämlich durch den Doubs in einem Schnitt senkrecht zur Antiklinalachse und durch den Bief de Vautenaivre, welcher sich parallel zur Achse tief in den Faltenkern eingefressen hat (Fig. 6). Von diesem Gebiet aus soll deshalb die Falte im Detail besprochen werden.

Der ungestörte Malm-Südschenkel taucht mit 32–40° S aus der Mulde von Les Sairins auf und biegt dann zum mehr oder weniger horizontal liegenden Faltendekkel um, der in der Rauracien-Platte von Château Cugny (NE Sur le Rang) und auf der französischen Seite bei Briquez noch erhalten ist.

Anders verhält sich der Deckel der Falte im Dogger, wo zwei Teilgewölbe durch eine kleine, im Malm nicht existierende Synklinale getrennt werden *(disharmonische Faltung)*. Diese ist an der Strasse von Vautenaivre nach Les Roies gut sichtbar, wo die Dalle nacrée anfänglich noch flach liegt (Schichtterrasse von Vautenaivre), dann aber plötzlich von 645 m auf 570 m (Oberkante) abtaucht, eine kleine, hier mit

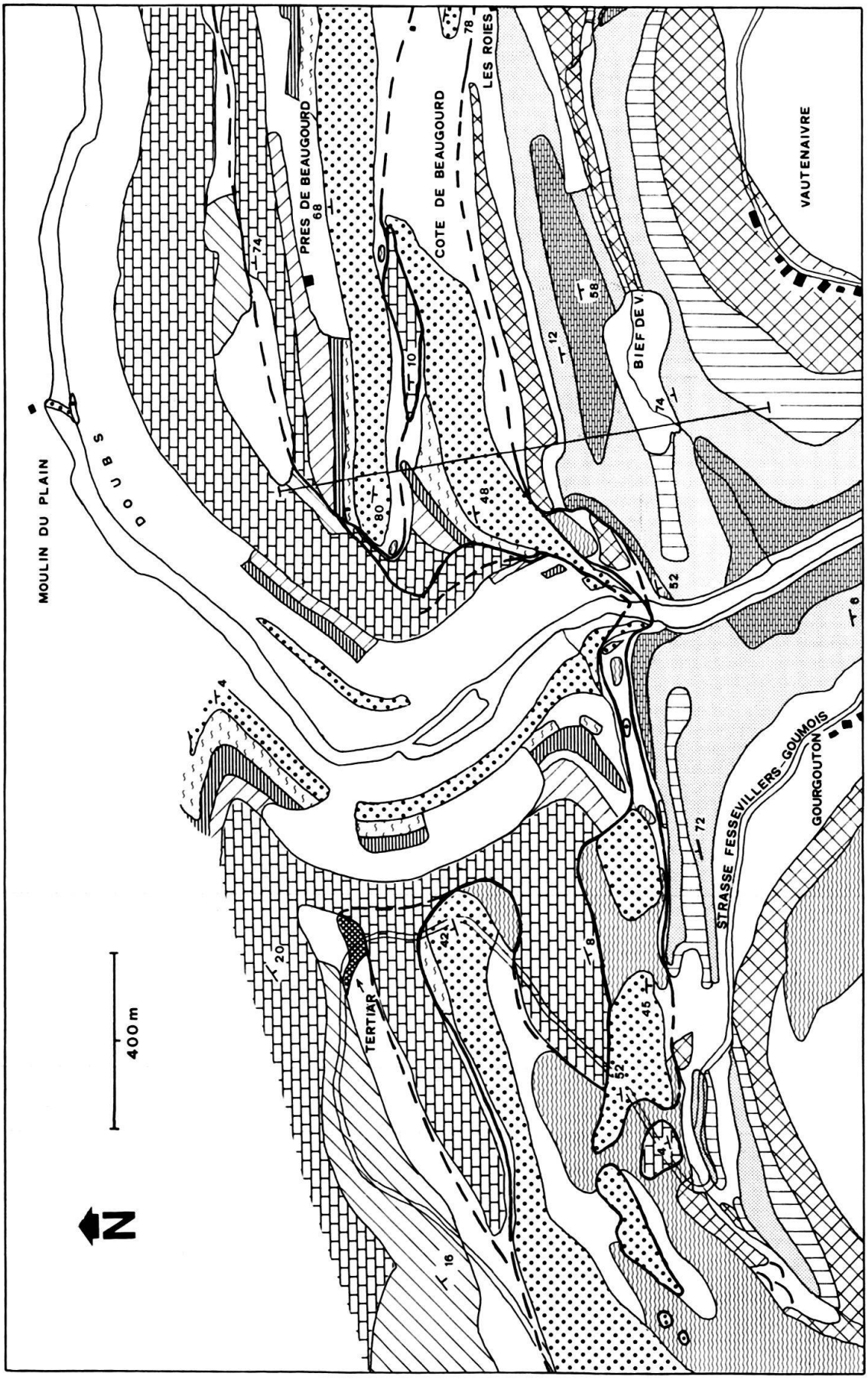


Fig. 6. Geologische Karte der St. Brais-Kette und der Mulde von Les Rosées-Clairbief N von Goumois (Legende siehe Tafel).
Eingezeichnete Profilspur: Fig. 8a.

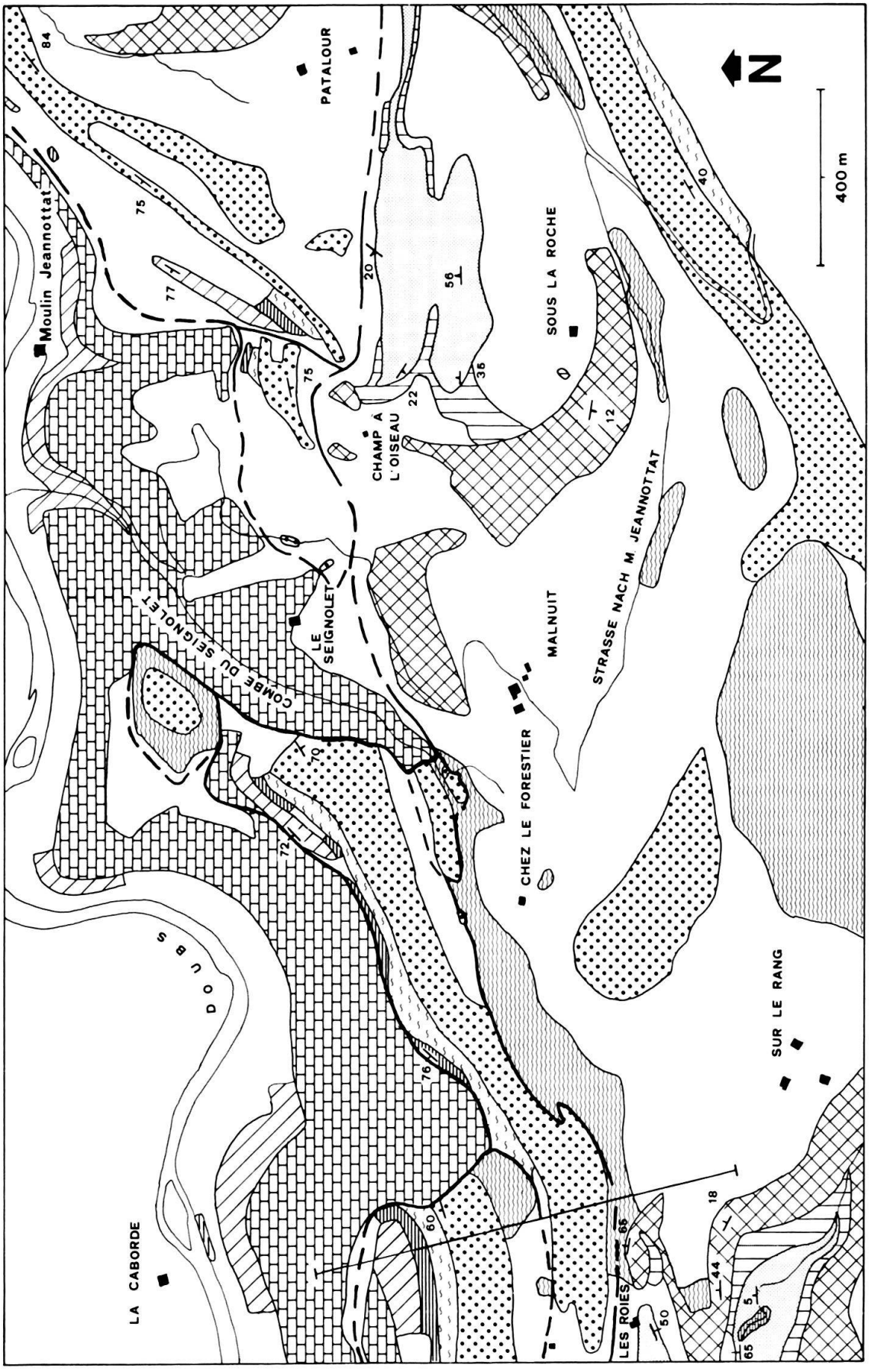


Fig. 7. Geologische Karte der St. Brais-Kette und der Mulde von Les Rosées-Clairbief S der Moulin Jeannottat (an Fig. 6 östlich anschliessend). Eingezeichnete Profilspur: Fig. 8b (Legende siehe Tafel).

Renggeri-Ton gefüllte Synklinale bildet und 150 m weiter nördlich wieder beinahe die frühere Höhenlage einnimmt (Fig. 9). Ebenso gut ist diese kleine Synklinale im Tal des Bief de Vautenaivre aufgeschlossen. Ihre Achse hat die gleiche Richtung wie der östliche Teil des Tales. Auf der französischen Doubsseite wird die Mulde durch den überkippten Nordschenkel des südlichen Dogger-Teilgewölbes zum Teil leicht überdeckt. Sie lässt sich jedoch nach W soweit verfolgen als die Dogger-Aufschlüsse reichen.

Zwischen der Mulde von Les Rosées-Clairbief und dem nördlichen Teilgewölbe des Doggerkerns ist die Geometrie der St. Brais-Kette kompliziert (Fig. 8):

Eine untere, unverfaltete Überschiebung mit einer durchschnittlichen Steigung von 22° trennt die flach liegenden Schichten der Mulde von Les Rosées-Clairbief von einem verkehrt liegenden, z. T. ausgewalzten Paket, welches eine Abfolge von den Kreidigen Kalken von St. Ursanne bis zur Reuchenette-Formation umfasst und im folgenden *Pélerin-Schuppe* genannt wird.

Die Pélerin-Schuppe wird auf der schweizerischen Seite des Doubstales an der Côte de Beaugourd teilweise durch Gehängeschutt verdeckt (Fig. 6), kommt dann

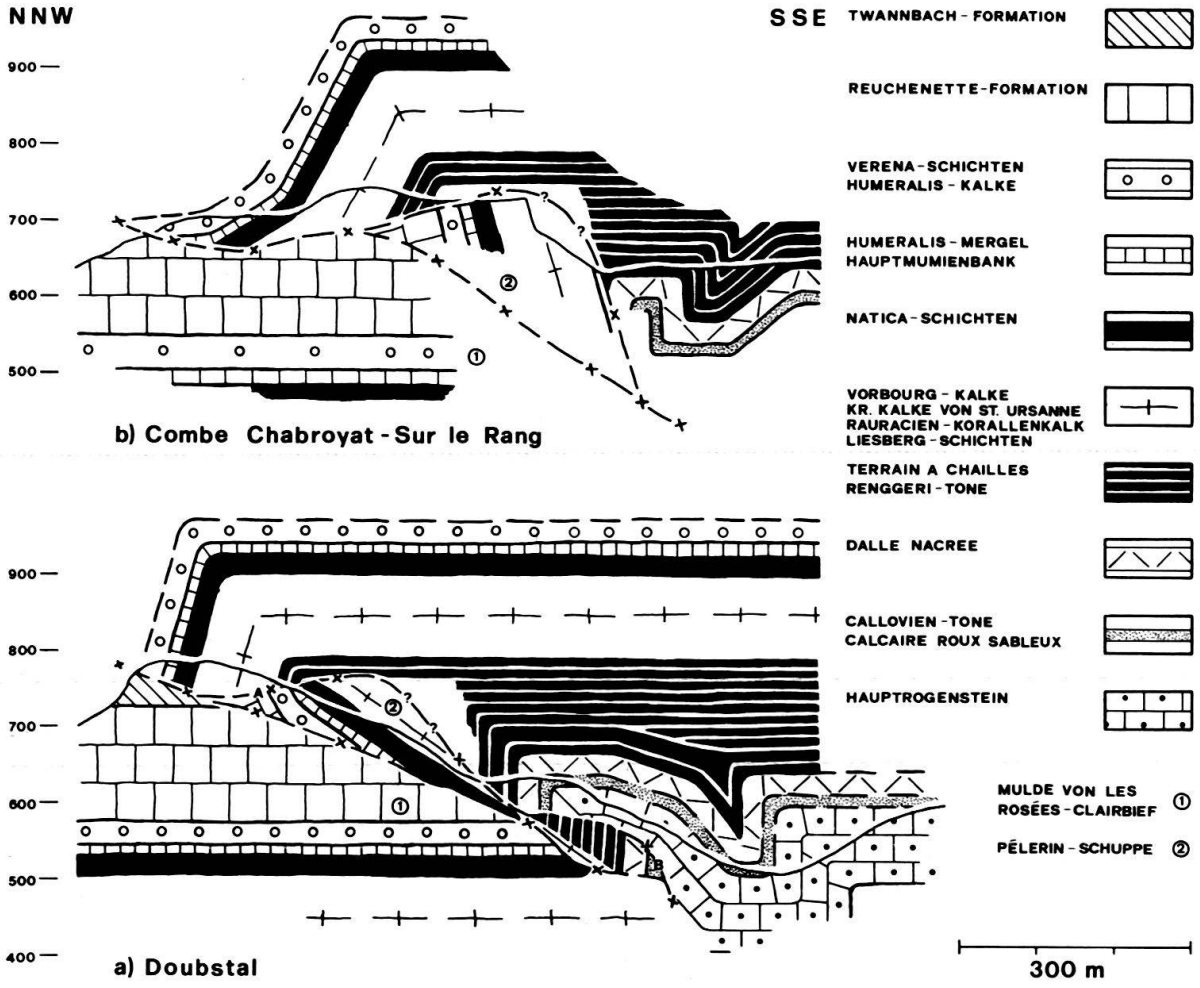


Fig. 8. Profile durch die St. Brais-Kette.

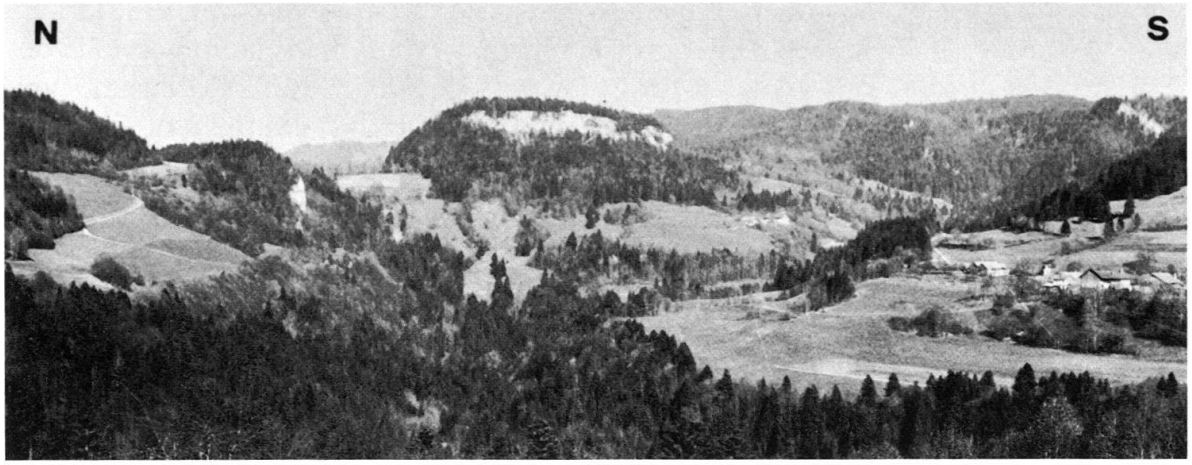


Fig. 9. St. Brais-Kette in der Doubsklus N von Goumois. Blick von Gourgouton (frz. Doubsseite) nach Osten ins Tal des Bief de Vautenaivre (vgl. Fig. 8).

aber in der Roche au Pélerin wieder zum Vorschein (Fig. 7) und lässt sich bis an den Westrand der Combe du Seignolet weiter verfolgen. Sie ist hier auf flach liegende, dank der Combe weit nach S aufgeschlossene Kalke der Reuchenette-Formation überschoben.

Weiter östlich sind von der Pélerin-Schuppe nur zwei kleine Klippen aus Rauracien-Korallenkalk (Bachbett und Strasse E Le Seignolet) und ein Komplex von Liesberg-Schichten – Hauptmumienbank (N Moulin Jeannottat) übriggeblieben.

Auf der französischen Seite wurde die Pélerin-Schuppe, die auf Doubshöhe höchstens 30 m breit ist, sich nach oben jedoch verbreitert, ebenfalls auf die Mulde von Les Rosées–Clairbief überschoben. Weil der Talhang fast parallel zur Überschiebung über der Pélerin-Schuppe verläuft, tritt diese in einer Serie von Fenstern zutage. Die Schuppe wird gegen W vom Malmdach der St. Brais-Kette überdeckt, kommt aber bei Les Sauces, ausserhalb des Arbeitsgebietes, wieder zum Vorschein.

Was die übrige Struktur der St. Brais-Kette betrifft, so lässt sie sich im Doubstal wie folgt entwirren: Die auf die Mulde von Les Rosées–Clairbief überschobene Pélerin-Schuppe wurde ihrerseits von einem weiteren Malm-Paket überfahren (Fig. 8), das z. T. auf der Pélerin-Schuppe, z. T. auf der Mulde von Les Rosées–Clairbief ruht und dessen Verbindung mit dem Malmdeckel auf der französischen Seite noch intakt ist. Auf der schweizerischen Seite ist dieses Paket nur noch in zwei Klippen zwischen der Doubsklus und Combe Chabroyat (Près de Beaugourd) und W der Combe du Seignolet erhalten geblieben (Fig. 6, 7). Die dabei im Seitenriss aufgeschlossene Überschiebungsfläche zeigt eine erstaunlich geringe (10°), z. T. sogar gegen N gerichtete Neigung.

Weitere Komplikationen weist der Dogger auf: In der Doubsklus ist auf der Ostseite ein linsenförmiges Schichtpaket (Dalle nacrée und Renggeri-Tone) aufgeschlossen, das einerseits über die Pélerin-Schuppe geschoben[2]), anderseits vom N

[2]) Die Störung wurde auf der Karte (Fig. 6) eingezeichnet, in Fig. 8a jedoch aus Gründen der Übersichtlichkeit weggelassen.

Teil des Doggergewölbes überschoben ist (*B* auf Fig. 8a), und zwar um 155 m, gemessen an der Dalle nacrée. Dies entspricht beinahe der Überschiebungsweite des Malmdeckels der St. Brais-Kette über die Pélerin-Schuppe (*A* auf Fig. 8a): 170 m, gemessen an den Vorbourg-Kalken. An der Verbindung *AB* ist nicht zu zweifeln, obwohl sie in den dazwischen liegenden tonigen Schichten nicht aufgeschlossen ist.

Es ergibt sich so neben der unteren, unverfalteten, eine obere, in starkem Mass verfaltete Überschiebung, die auf Doubshöhe von der ersten abzweigt und auf einer Höhe von 740 m sich wieder mit ihr vereinigt.

Die lineare Verkürzung des Sedimentstapels durch die Bildung der St. Brais-Kette beträgt (bezogen auf die Vorbourg-Kalke) nach Fig. 8a und 11a 1170 m. Davon entfallen 90 m auf den Südschenkel und 170 m auf die obere Überschiebung.

Die Extrapolation der St. Brais-Kette bis auf den Abscherhorizont ist wegen den Komplikationen unsicher. Feststehen dürfte, dass die Überschiebung unter der St. Brais-Kette bis in den Kern der weiter südlich gelegenen Vellerat-Kette reicht, da die dazwischen liegende Mulde von Les Sairins um 130 m höher liegt als die Mulde von Les Rosées-Clairbief. St. Brais- und Vellerat-Kette bilden somit ein Antiklinorium. Aus Gründen der Übersichtlichkeit wird dies jedoch in der Nomenklatur nicht berücksichtigt und an der bisherigen, von THURMANN eingeführten Benennung festgehalten.

Schliesslich sei noch auf das Gebiet der St. Brais-Kette im E Teil von Fig. 7 (Sous la Roche-Patalour) eingegangen, welches sich vom bis jetzt besprochenen strukturell deutlich unterscheidet:

Eine N 35 E streichende Überschiebung, verbunden mit (vermutlich auf das Hangende beschränkter) Schichtrotation reicht von N bis ins Gebiet N des Champ à l'Oiseau. Dort wird sie an der oberhalb der Pélerin-Schuppe verlaufenden Überschiebung abgeschnitten, während diese keine Ablenkung erfährt. Daraus folgt, dass *die erwähnten Strukturen in N 35 E-Richtung hier älter sind als die W–E streichenden.*

Als durch die spätere W-E-Überschiebung zerrissene Fortsetzung der N 35 E-Falte erscheint im W-E-Gewölbe zwischen Champ à l'Oiseau und Sous la Roche eine deutliche axiale Verbiegung (12° W-Fallen). Auch eine scheinbar dextral versetzte, südliche Fortsetzung der Querstörung S des Champ à l'Oiseau ist wahrscheinlich.

Mulde von Les Sairins

Die Mulde von Les Sairins (GLAUSER 1936) entwickelt sich im W aus dem Plateau von Maîche und lässt sich bis ins Delsberger Becken (Combe Tabeillon) verfolgen. W–E streichende Segmente der Mulde werden im Bereich der Ferrière-Linie, in der N Fortsetzung der Gipou-Überschiebung und in der S Fortsetzung der Caquerelle-Kette von NE-streichenden Abschnitten abgelöst.

Den besten Einblick in die Mulde von Les Sairins erhält man in der Doubsklus N von Goumois (Fig. 10, 11a, 12): Der Südschenkel der St. Brais-Kette fällt mit rund 35° ein. Nach einer kurzen Strecke horizontaler Lage richten sich die Schichten in senkrechte bis schwach überkippte Lage auf. Beim Übergang vom Nordschenkel zum Dach der Vellerat-Kette hat sich im Malm eine Kleinfalte (Kompressionsbetrag 140 m) ausgebildet, die vom Nordschenkel durch eine Überschiebung mit einem zusätzlichen Kompressionsbetrag von 160 m getrennt ist. Der Ausbiss dieser

Überschiebung ist in der Wand N von P.844.9 und E der Longue Roche aufgeschlossen (Fig. 12).

Die Fortsetzung dieser Überschiebung durch die Renggeri-Tone ist nicht aufgeschlossen. Dagegen findet sich am Fuss der Longue Roche ein abnormer Kontakt, indem die Dalle nacrée der Vellerat-Kette direkt an Rauracien-Korallenkalk stösst. Die beiden Störungen lassen sich jedoch nicht ohne weiteres verbinden: Während die Überschiebungsfläche im Malm eine gleichmässige Steigung von 26° aufweist und somit unverfaltet ist, muss diejenige am Fuss der Longue Roche verfaltet sein. Dieser Sachverhalt lässt sich verschieden interpretieren:

— *Die Kompression der Kleinfalte und der Überschiebung sei am Nordrand der Vellerat-Kette im wesentlichen auf den Malm beschränkt.* Die Überschiebung und die Rotation des Hangenden seien synchron verlaufen (Überschiebungsfalte). Bei der Abscherung der Überschiebungsfalte auf den Renggeri-Tonen seien der darunter liegenden Dalle nacrée zahlreiche Knickfalten im Meterbereich aufgeprägt (Aufschlüsse am bewaldeten Hang N von Goumois) und die Dalle nacrée an das Rauracien der Longue Roche angepresst worden (vgl. Abb. 5 in HOEPPENER 1955). Da dies jedoch nicht reichen würde, um den Kompressionsbetrag der Überschiebungsfalte aufzunehmen, müsste die Störung mindestens bis Le Theusseret in den Renggeri-Tonen verlaufen, und die entsprechende Doggerverkürzung irgendwo weiter südlich lokalisiert werden.

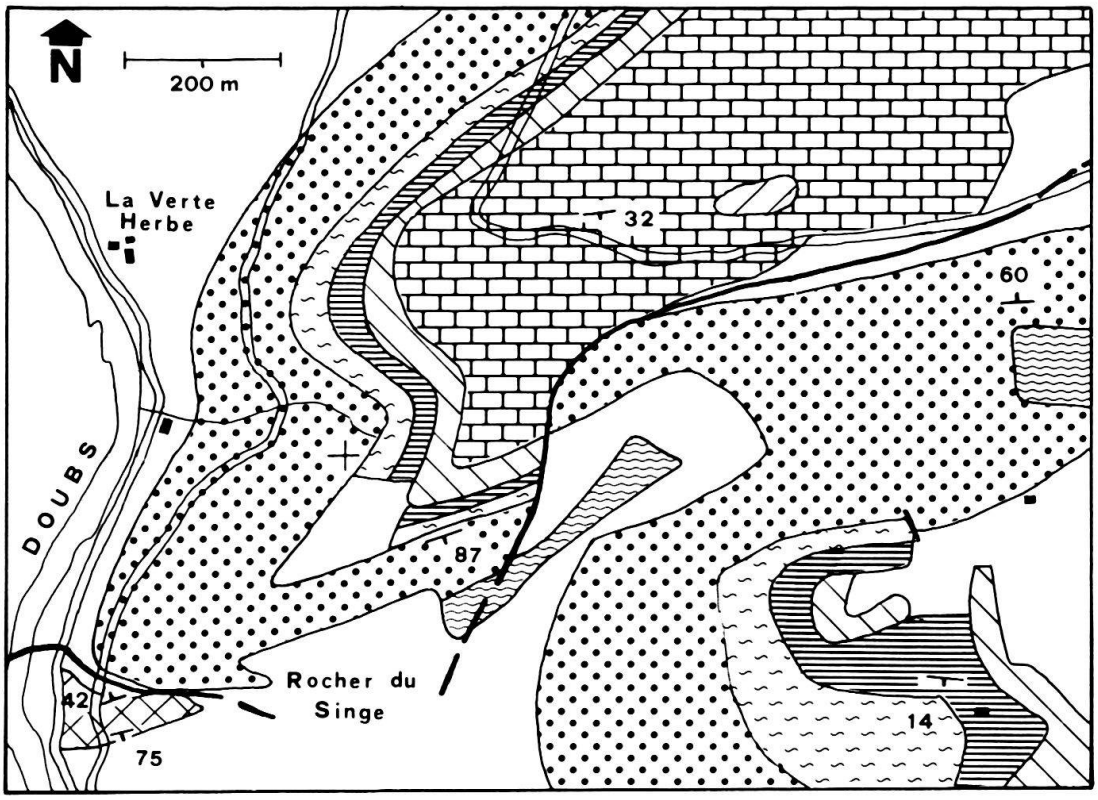


Fig. 10. Geologische Karte der Mulde von Les Sairins und des Nordschenkels der Vellerat-Kette (östliche Seite des Doubstales), vgl. Fig. 11a, 12 (Legende siehe Tafel).

— Eine weitere Möglichkeit bestünde darin, dass die *zugehörige Kompression des Doggers am gleichen Ort* stattgefunden hat, sich der konstante Kompressionsbetrag jedoch in verschiedenen Höhenlagen aus ungleichen Rotations- und Translationsbeträgen zusammensetzt. Anders als beim Beispiel in der Mulde von Moulin du Plain (Fig. 5) würde jedoch nach oben nicht ein kontinuierlicher Übergang von Translation zu Rotation bestehen: Der Dogger wäre vor allem durch Translation deformiert worden, die zugehörige Kompression im Malm bestünde in der vorhandenen Kleinfalte, die (da zeitlich etwas nachhinkend) das obere Ende der Doggerüberschiebung mitverfaltet hätte (ähnliche Deformationen aus dem Ruhrgebiet beschreibt KIENOW 1955).

Die beiden Möglichkeiten (Doggerverkürzung innerhalb oder S der Vellerat-Kette) können auch anhand des von den vorigen Überlegungen unabhängigen Prinzips der kurvimetrisch-volumetrischen Konkordanz gegeneinander abgewogen werden, da die Achsen der Mulden N und S des Antiklinoriums St. Brais-Kette/Vellerat-Kette dieselbe Höhenlage aufweisen und nicht durch Störungen überhöht

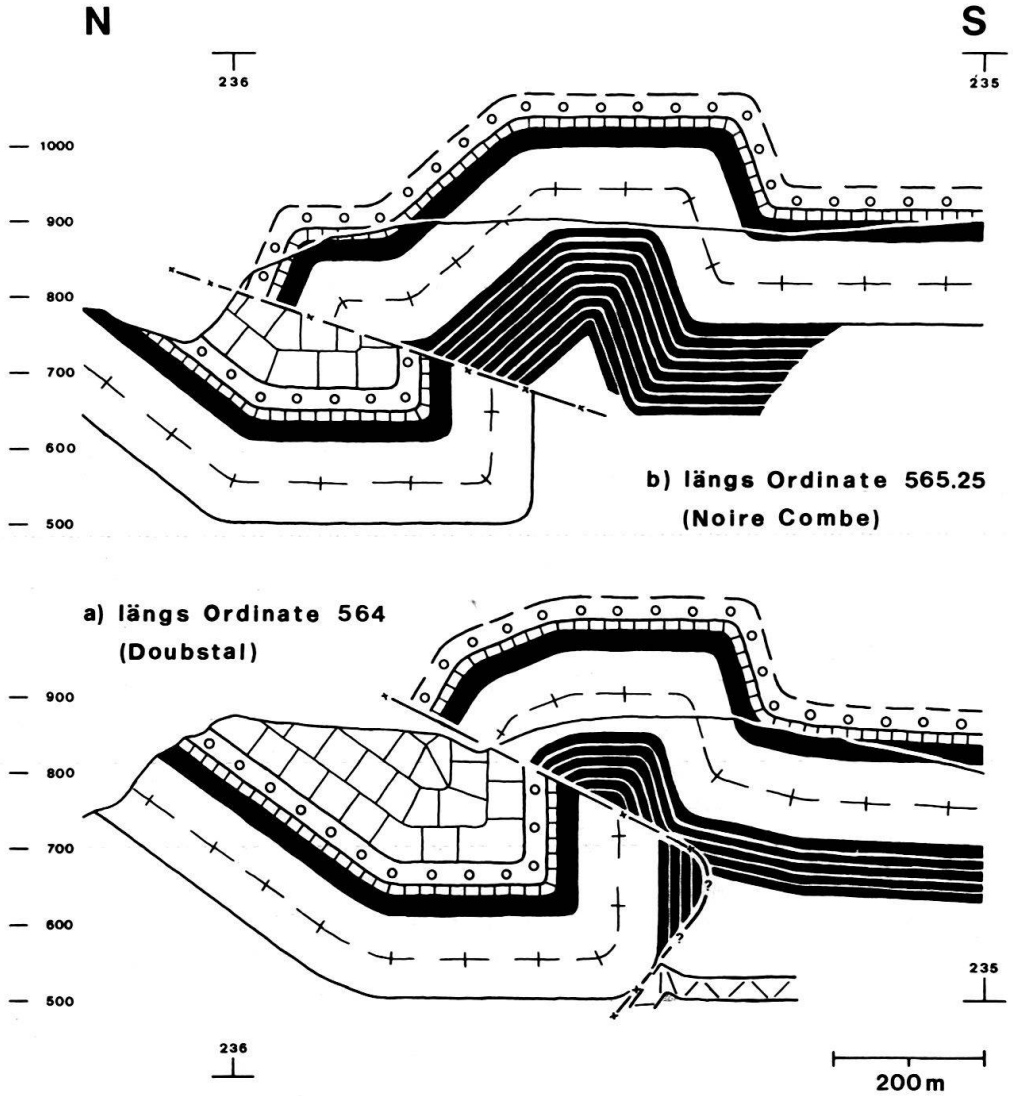


Fig. 11. Profile durch die Mulde von Les Sairins (Legende auf Fig. 8).

werden: Sind die im Malm der Vellerat-Kette vorhandenen Verkürzungen in der gleichen Grössenordnung auch tiefer liegenden Schichten *innerhalb der Vellerat-Kette* aufgeprägt worden, so müssen kurvimetrische und volumetrische Verkürzung des Antiklinoriums konkordant sein. Nun beträgt die kurvimetrische Verkürzung (gemessen an den Vorbourg-Kalken) 1670 m, die volumetrische Verkürzung (bezogen auf die Basis des mittleren Muschelkalks) jedoch nur 1340 m. Die Diskrepanz verschwindet, wenn Überschiebungen oder mit Falten verknüpfte Abscherungen oberhalb des mittleren Muschelkalks den Profilbereich verlassen, z. B. durch Abscherung der Kleinfalte am Nordrand der Vellerat-Kette auf den Renggeri-Tonen im Bereich des Antiklinoriums oder durch Abscherungen im Keuper im Bereich des Antiklinoriums.

Eine Serie von Entwicklungsstadien der Vellerat-Kette entwirft LAUBSCHER (1976*a*) aufgrund einer systematischen Untersuchung von Kleinfalten und ihren Instabilitätskeimen im nördlichen Jura.

Verfolgen wir die Mulde von Les Sairins vom Doubstal nach Osten, so treffen wir erst wieder in der Noire Combe (Fig. 11b) auf gute Aufschlüsse. Dabei ergeben sich gegenüber dem Doubstal folgende Unterschiede:

— Die Überschiebungsfläche scheint rund 50 m tiefer zu liegen.
— Die überschobene Masse ist nicht nur bis zu den Rauracien-Korallenkalken, sondern bis zur Reuchenette-Formation erhalten.
— Der überschobene Schichtkomplex liegt während etwa 100 m flach. Man erhält so den Eindruck einer seichten, ungestörten Mulde, während in Wirklichkeit der grösste Teil der Synklinale unter den Überschiebungsmassen verborgen ist.

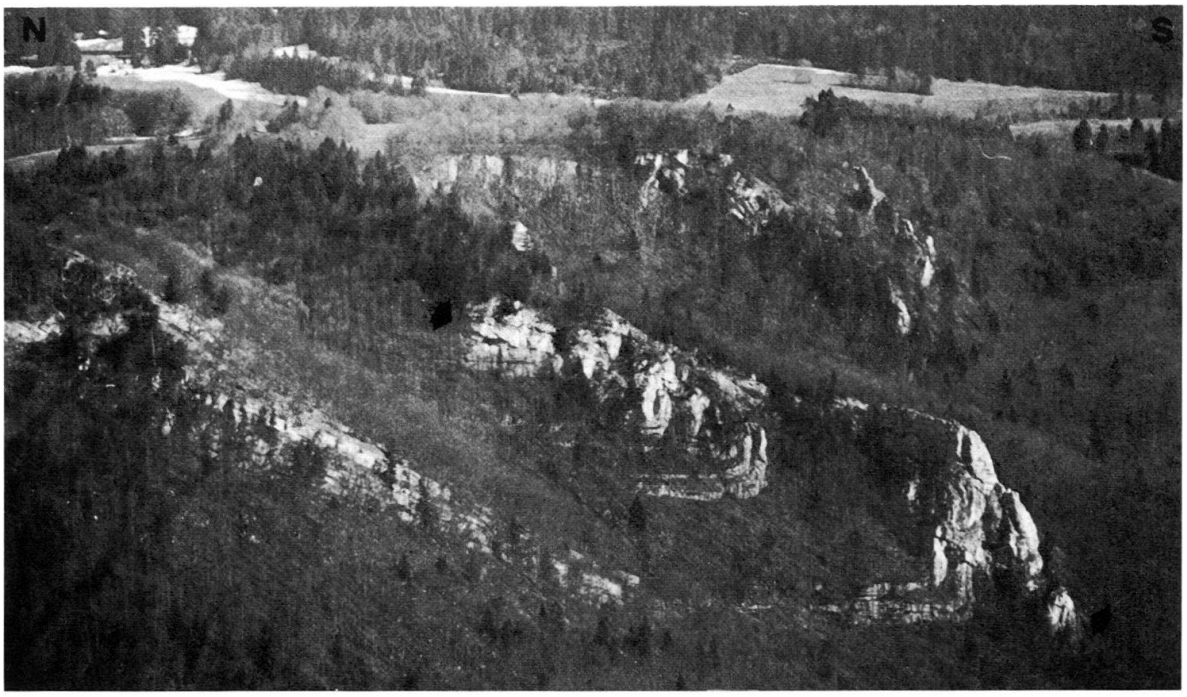


Fig. 12. Mulde von Les Sairins in der Doubsklus N von Goumois. Links Felsbänder der Reuchenette-Formation, rechts Überschiebungsausbiss (Pfeil) und Kleinfalte (Rauracien-Korallenkalk) im Hangenden der Überschiebung. Im Hintergrund die querstreichende Gipou-Kette.

Der Kompressionsbetrag der Überschiebungsfalte beträgt hier 350 m.

E von Les Pommerats gerät die Mulde von Les Sairins unter den Einfluss der NE-streichenden Gipou-Überschiebung. Zwar reicht diese nicht bis in die Synklinale, die Muldenachse hebt sich jedoch um etwa 100 m gegenüber der Lage im Doubstal. Zudem besteht in der Überschiebungsmasse eine bis auf die Renggeri-Tone reichende Kleinfalte (Weiher E von Les Pommerats), deren Streichen mit demjenigen der Gipou-Überschiebung übereinstimmt (Fig. 14).

Im Zusammenhang mit der Querwölbung tritt bei Sur le Pontat das Liegende in einem Halbfenster weit hinter dem eigentlichen Überschiebungsausbiss zu Tage. Aus der komplizierten Schnittkurve der Überschiebungsfläche mit der Topographie ergibt sich im Profil (Fig. 13), dass die Überschiebung gewellt ist. Diese Wellungen sind jedoch zu gering, als dass ich sie der Verfaltung einer ursprünglich flachen Überschiebung zuschreiben möchte.

Der Kompressionsbetrag der Überschiebungsfalte beträgt hier 325 m. Die entsprechende Doggerverkürzung wurde in Fig. 12 eingezeichnet, obwohl sie sich nicht allein aus der Oberflächen-Information bestimmen lässt.

Der anormale Kontakt zwischen der Malm-Kleinfalte und der Reuchenette-Formation des N Muldenteils wurde weiter östlich von GLAUSER (1936) erkannt, jedoch als vertikal einfallende Störung interpretiert.

Betrachten wir schliesslich noch den Verlauf der Mulde von Les Sairins auf dem französischen Gebiet: Die Überschiebung konnte sowohl im Bois de Grépi, als auch an der Landstrasse Damprichard-Charmauvillers in der Kurve N von Le Gigot (Ausbiss: unterer Teil der Reuchenette-Formation auf Twannbach-Formation) gefasst werden.

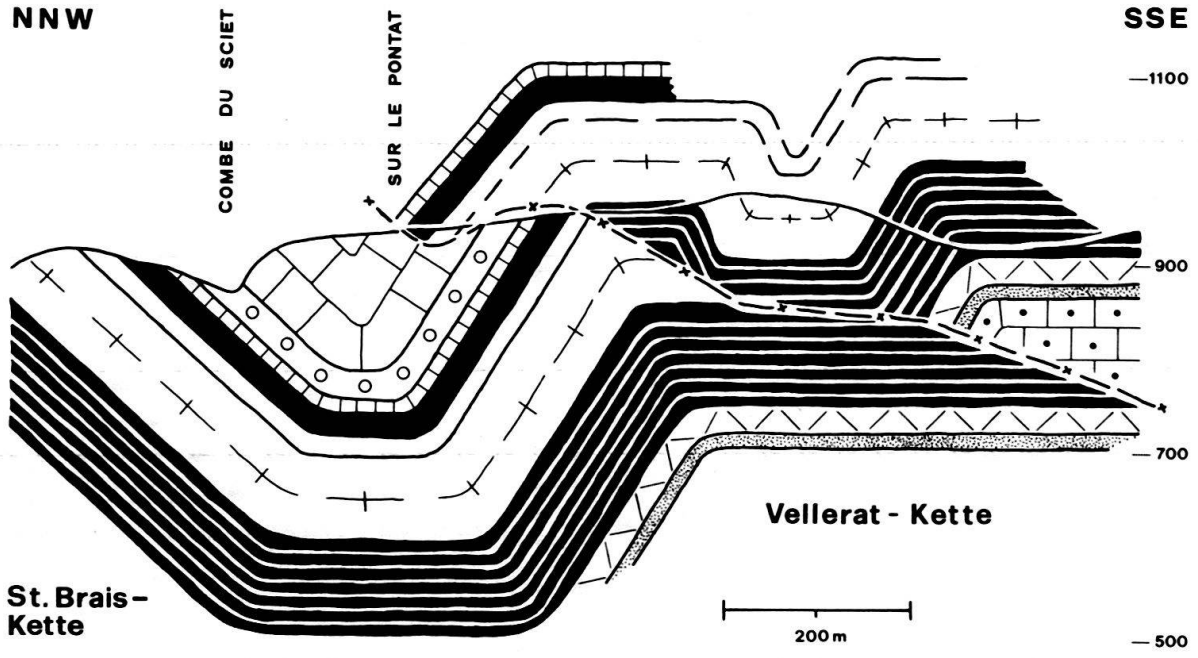


Fig. 13. Profil durch die Mulde von Les Sairins im Bereich des Halbfensters von Sur le Pontat (Legende auf Fig. 8).

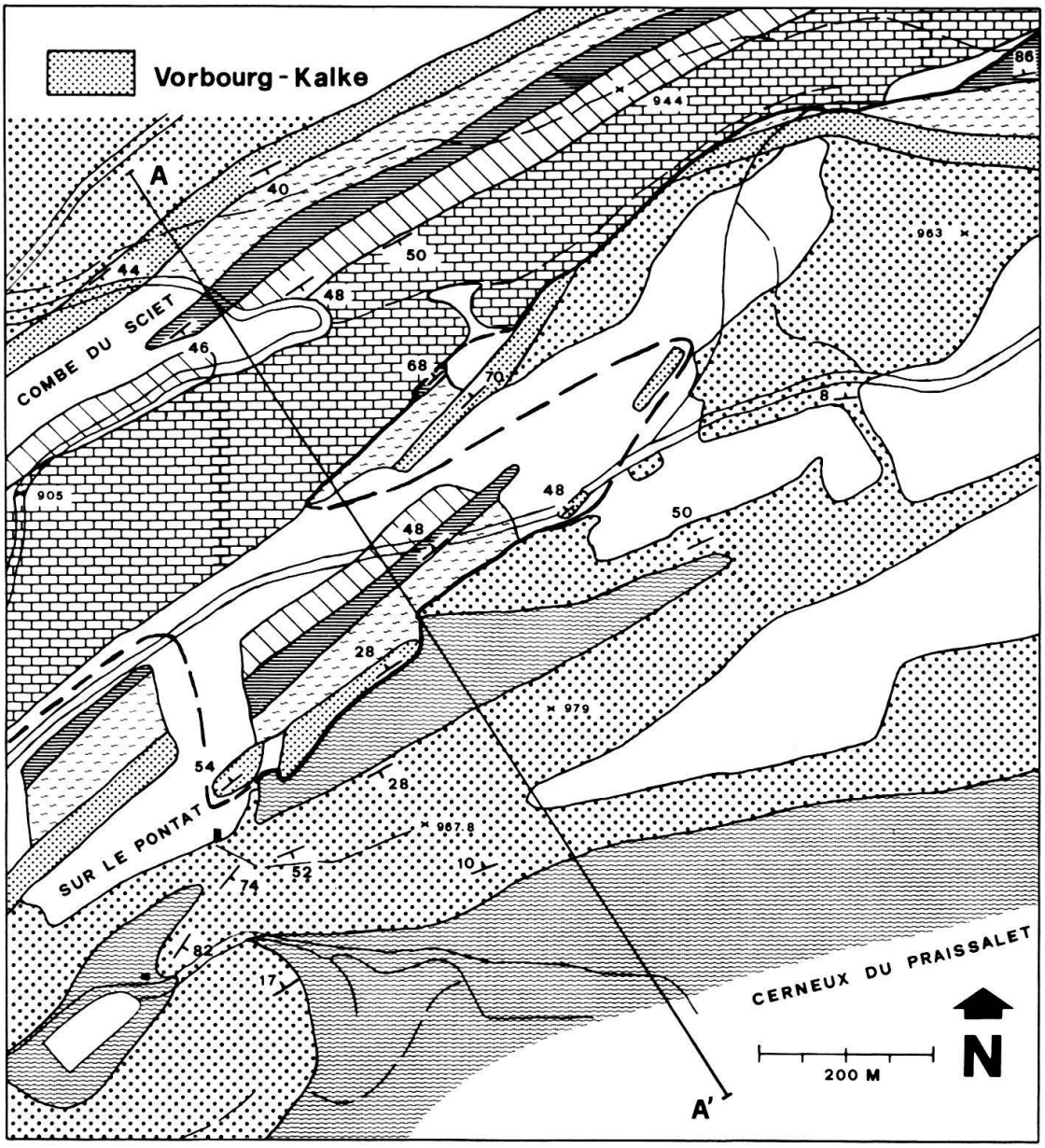


Fig. 14. Geologische Karte des Halbfensters von Sur le Pontat. Eingezeichnete Profilspur: Fig. 13 (Legende siehe Tafel).

Vellerat-Kette

Die Vellerat-Kette (THURMANN 1832), in die der Talkessel von Goumois eingelassen ist, streicht E des Doubs wie die Mont Miroir- und die St. Brais-Kette N 80 E. Weiter westlich ist sie an der Ferrière-Linie sinistral geschleppt worden. Ihr Nordrand weist die schon erwähnten Komplikationen in Form einer Kleinfalte und einer disharmonischen Überschiebung auf.

Eine südliche Begrenzung der Kette ist einzig im W durch die Mulde von La Goule gegeben, während östlich der Verbindungslinie Le Theusseret - Les Pommerats die Vellerat-Kette mit der Gipou-Überschiebung interferiert (Fig. 1).

Die Kette ist stark asymmetrisch. Die südliche Begrenzung besteht nicht (wie bei der Mont Miroir- und der St. Brais-Kette) aus einem Knickband: Die Untergrenze der Liesberg-Schichten liegt bei Le Theusseret auf 440 m und steigt bis zur Abszisse 235 auf eine Höhe von 700 m, was bei einer Horizontaldistanz von 2500 m eine kurvimetrische Verkürzung von lediglich 15 m ergibt. In diesen sanft ansteigenden Südschenkel sind zwei kleinere Unregelmässigkeiten eingebaut: Die eine besteht aus einer Kleinfalte mit einer Verkürzung von 20 m unmittelbar N von Le Theusseret (vgl. Felszeichnung auf der französischen Doubsseite), die andere aus einer Verflachung (Ruine de Franquemont), die auf der französischen Seite die Form einer schwachen Wölbung annimmt.

Die Gesamtverkürzung der Vellerat-Kette beträgt längs des Doubstales (gemessen an den Vorbourg-Kalken) 500 m. Davon entfallen 160 m auf den Nordschenkel, 300 m auf Überschiebung und Kleinfalte am Nordrand und 40 m auf den Südschenkel.

Mulde von La Goule

Als Mulde von La Goule definiere ich die Synklinale zwischen der Vellerat- und der Gipou-Kette. Sie ist W von Le Theusseret über weite Strecken durch das Doubstal aufgeschlossen[3]) und wird unmittelbar E von Le Theusseret durch die Gipou-Überschiebung abgeschnitten (Fig. 1).

Die Muldensohle ist zwischen Le Theusseret und La Goule leicht südwestwärts geneigt. Die nach S gerichtete Komponente beträgt rund 2° und dürfte mit der Neigung des basalen Abscherhorizonts übereinstimmen.

Gipou-Kette

Die Gipou-Kette streicht NE und interferiert mit mehreren W–E streichenden Strukturen (Mulde von Fond des Charmattes, Somêtres-Kette, Mulde von Les Muriaux, Saignelégier-Kette, Vellerat-Kette)[4]). Sie wird nach N durch eine Überschiebung begrenzt, welche mit einem Azimut von durchschnittlich 42° bis südlich Les Pommerats reicht (*Gipou-Überschiebung*, Fig. 1).

Den besten Einblick in den Aufbau der Gipou-Kette erhält man in der Halbklus W von Les Côtes (vgl. Tafel), wo die Aufschlüsse bis in den unteren Dogger reichen: Die asymmetrische Falte hat einen flach einfallenden SE-Schenkel und einen steilen bis überkippten, auf die Mulde von La Goule überschobenen NW-Schenkel (Fig. 15a).

Während der rotationale Kompressionsbetrag der Überschiebungsfalte hier mit 150 m (bezogen auf die Obergrenze des Hauptrogensteins) ziemlich genau angege-

---

[3]) In dem auf Blatt Les Bois (Geol. Atlas der Schweiz, No. 15, 1946) anschliessenden Teil der Synklinale ist die Basis der Reuchenette-Formation rund 100 m zu hoch eingezeichnet. Auch der dargestellte Überschiebungsausbiss bedarf einer Korrektur.

[4]) Es muss hier (wie schon bei der Mulde von La Goule) zu neuer Nomenklatur gegriffen werden, da die bisherige die Faltenvergitterung nicht berücksichtigte: Für den W–E streichenden Teil der früheren «Somêtres- oder Spiegelberg-Kette» (ROLLIER 1898) wurde der Name belassen, der NE-streichende Teil jedoch zusammen mit seiner NE Fortsetzung (die bis jetzt als Teil der Saignelégier- und der Vallerat-Kette galt) zur Gipou-Kette zusammengefasst (vgl. Fig. 1).

ben werden kann, ist der translationale nur abschätzbar. Die unverfaltete Überschiebung hat W von Les Côtes eine Neigung von 6° S und an der innersten aufgeschlossenen Stelle (Ausbiss: unterer Dogger auf oberen Teil der Reuchenette-Formation) eine Vertikalkomponente von 550 m. Wäre die Neigung von 6° für die ganze Überschiebung repräsentativ, erhielte man unter Berücksichtigung der angenommenen Neigung des basalen Abscherhorizontes von 2° S eine translationale Kompression von 7840 m! Die Überschiebung würde dann den basalen Abscherho-

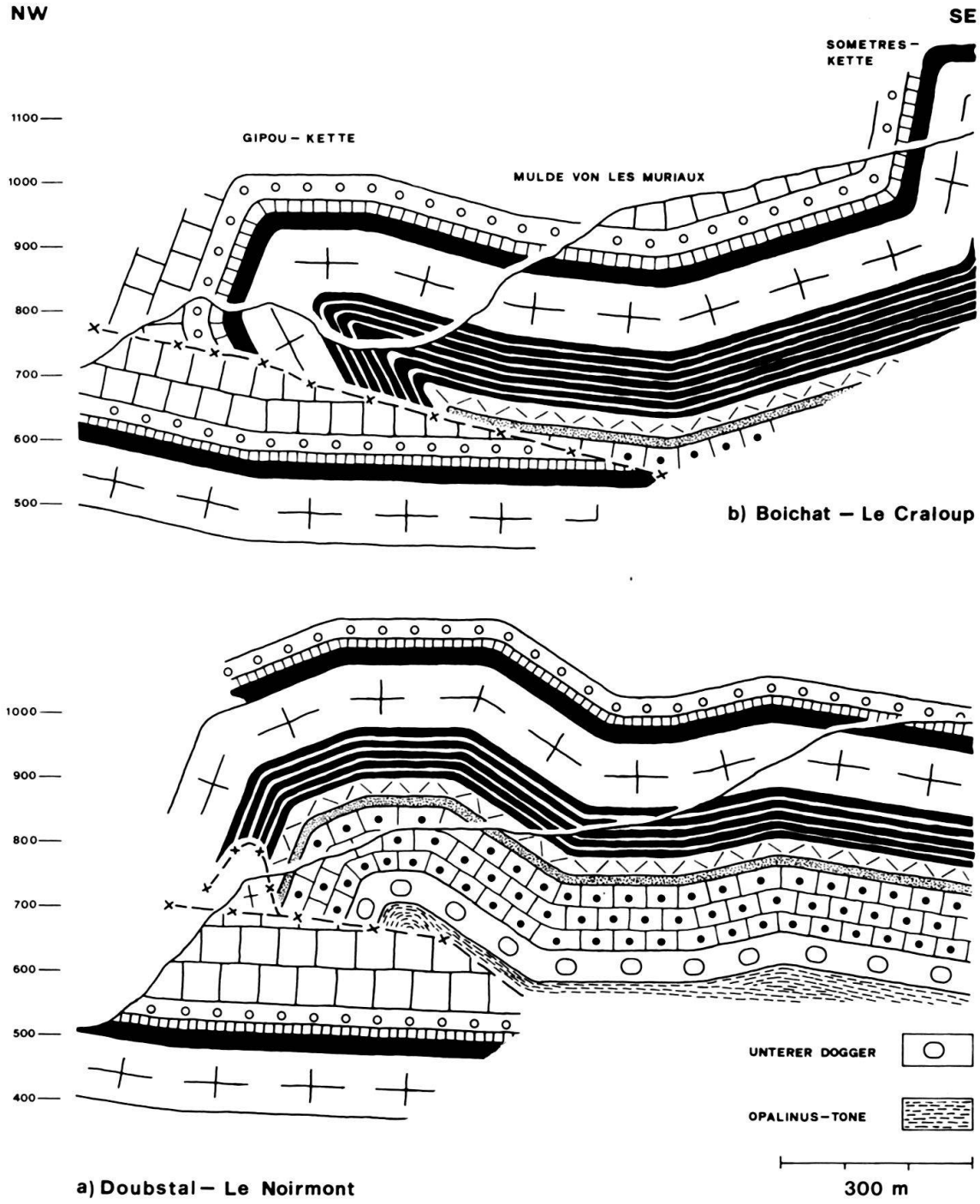


Fig. 15. Profile durch die Gipou-Kette (Legende auf Fig. 8).

rizont erst unter der Montagne du Droit erreichen, alle Synklinalen zwischen der Mulde von La Goule und der Mulde von St. Imier wären um die entsprechende Vertikalkomponente der Überschiebung gehoben.

W von Les Côtes ist der Gipou-Kette eine rotierte, linsenförmige Malmschuppe vorgelagert (Fig. 15a, Tafel). Die Schuppe wird nach unten durch die Gipou-Überschiebung, nach oben durch eine weitere, verfaltete Überschiebung begrenzt.

SW von Les Côtes befindet sich im Doggerkern der Gipou-Kette eine kleine, W–E streichende Synklinale, welche der axialen Verlängerung der Mulde von Fond des Charmattes entspricht. Sie ist in der Dalle nacrée des NW-Schenkels (Mulde aus Renggeri-Ton) und im Hauptrogenstein des Gewölbekerns (Mulde aus Calcaire roux und Callovienton) gut aufgeschlossen (vgl. Tafel) und äussert sich auch in der Dalle nacrée und in den Pichoux-Kalken des SE-Schenkels. Die Achse der Gipou-Kette, aber auch diejenige der kleinen Mulde ist im Gebiet der Interferenz-Erscheinungen verfaltet, so dass hier keine zeitliche Abfolge der Deformationen ermittelt werden konnte.

Rund 500 m NE von Les Côtes, bei Pré derrière (vgl. Tafel), interferiert die Gipou-Kette mit einer weiteren W–E streichenden Struktur, der Somêtres-Kette. Diese stellt eine Knickfalte dar, deren Knickbänder bei Pré derrière im Opalinus-Ton ihren Anfang nehmen. Sie ist auf das Gebiet E der Gipou-Überschiebung beschränkt, in ihrer axialen Verlängerung kann in der Mulde von La Goule keine rotationale Deformation festgestellt werden. Dies kann zweierlei bedeuten: Entweder hat die Gipou-Linie hier bei der Bildung der Somêtres-Kette als Transversalverschiebung gedient, oder dann *wird die Kompression der Somêtres-Kette von der Gipou-Falte, bzw. -Überschiebung aufgenommen.* Für die zweite Möglichkeit sprechen folgende Gründe:

— Die Reaktivierung einer präexistenten Gipou-Überschiebungsfläche (welche südlich der Somêtres-Kette, bei Les Côtes mit 6° S, nördlich der Somêtres-Kette, bei Le Theusseret mit 14° S einfällt) als Transversalverschiebung stösst mechanisch auf Schwierigkeiten.
— Die Richtung der Gipou-Überschiebung stimmt nicht mit den Richtungen überein, die durch das regionale Spannungsfeld der Jurafaltung (vgl. Laubscher 1972) hier für eine Transversalverschiebung gegeben wären.
— Bei der Überlagerung durch die Somêtres-Kette nimmt der Kompressionsbetrag der Gipou-Überschiebungsfalte sprunghaft zu und bleibt nach SW auch ausserhalb des Interferenzgebietes erhalten.

Weiter nördlich ist die Gipou-Kette mit der Mulde von Les Muriaux vergittert (vgl. Tafel). Die Mulde verengt sich nach W durch das Zusammenlaufen der Gipou-Kette mit der Somêtres-Kette und ist auf das Gebiet E der Gipou-Überschiebung beschränkt. Im Gebiet der Superposition ist die Achse der Gipou-Kette verfaltet (flexurartiges Ansteigen nach S), diejenige der Mulde von Les Muriaux kaum.

N der Überprägung durch die Mulde von Les Muriaux ist die Gipou-Kette (die hier durch keine Struktur in W–E-Richtung überlagert wird) durch das Doubstal und das Tal eines bei Le Theusseret in den Doubs mündenden Seitenbaches bis auf die Dalle nacrée aufgeschlossen (Fig. 15b, Tafel). Ihr NE-Schenkel ist bei Boichat noch bis zur Reuchenette-Formation erhalten. Die Neigung der Gipou-Überschie-

bung beträgt hier 14° S, das Liegende ist in der Reuchenette-Formation zum Teil stark geschleppt (Fig. 16).

N der schlecht aufgeschlossenen Interferenz mit der Saignelégier-Kette bei Cotirnat wird die Gipou-Kette durch die weitaus grössere Vellerat-Kette überprägt und tritt bei Le Culat (NE von P. 879.7) strukturell nur noch schwach hervor. Der Kompressionsbetrag der Gipou-Überschiebung wird ebenfalls geringer und klingt W von L'Eplature ganz aus. Es fällt auf, dass östlich ihrer gedachten Verlängerung

Fig. 16. Ausbiss der Gipou-Überschiebung im Doubstal bei Le Theusseret. Im Liegenden die Mulde von La Goule, im Hangenden links Nordschenkel (Felskopf von Boichat, Reuchenette-Formation) und Kern (Felszeichnung: Rauracien-Korallenkalk) der NE-streichenden Gipou-Kette. Rechts die auf das Hangende der Überschiebung beschränkte, W–E streichende Mulde von Les Muriaux und der Nordschenkel der (ebenfalls W–E streichenden) Somêtres-Kette. Die vermeintliche Verfaltung des Ausbisses beruht auf seiner Zurücksetzung durch ein Seitental.

die Vellerat-Kette eine weitaus grössere Aufpressung erfahren hat als im Talkessel von Goumois. So befindet sich zwischen L'Eplature und Sur le Bémont im Dach der Vellerat-Kette eine zusätzliche, W–E streichende Kleinfalte (Kern aus Renggeri-Ton), die auf das Gebiet E der Gipou-Überschiebung beschränkt ist. Ihr Kompressionsbetrag wird nach SW von der Gipou-Überschiebung aufgenommen.

Fassen wir zusammen: Die Gipou-Überschiebung streicht NE. Ihre Kompression nimmt nach SW diskontinuierlich zu, wo W–E streichende Falten in sie einmünden, deren Verkürzung sie übernimmt. Die Gipou-Überschiebung muss deshalb in irgendeiner Form präexistent sein. Die Grösse ihrer kompressiven Bewegung und deren Gliederung in Phasen bleiben offen.

Falten und Überschiebungen, deren Streichen schiefwinklig zum lokalen Streichen des Jurabogens verläuft, werden auch aus dem östlich anschliessenden rheintalischen Jura beschrieben (Keller 1922, Liniger 1926, Laubscher 1948). Sie werden dort anhand stratigraphischer Indizien auf alttertiäre Abschiebungen oder Flexuren zurückgeführt, die während der Jurafaltung als präexistente Bewegungs-

schienen dienten (Transversalverschiebung, z.T. mit kompressiver Bewegungskomponente). Dieser Bewegungsablauf trifft für die Gipou-Überschiebung kaum zu:

— Wäre die Gipou-Überschiebung an eine im Sockel vorhandene Abschiebung gebunden, so müsste sich diese etwa parallel zur Gipou-Überschiebung verlaufend, aber weiter südlich feststellen lassen. Eine Abschiebung grösseren Ausmasses ist jedoch weder zwischen der Mulde von La Goule und der Mulde von St. Imier (Neigung des basalen Abscherhorizontes zwischen 1° und 2° S) vorhanden, noch quert eine solche die Mulde von Les Rosées-Clairbief [korrelierbare, flach liegende Schichten weisen bei Moulin Jeannottat und bei Tariche (E der axialen Kulmination von Soubey) die genau gleiche Höhenlage auf].

— Die nördlich der Freiberge im Rheingraben vorhandenen Abschiebungen streichen N bis NNE, die Gipou-Überschiebung aber NE.

— Ausser vereinzelten Abschiebungen (Steinbruch in Pichoux-Kalken an der Strasse Le Noirmont - La Goule, Steinbruch in St. Ursanne-Formation an der Strasse Les Enfers-Cerniévillers) konnten keine Klüfte gefunden werden, die dem paläogenen regionalen Spannungsfeld im Gebiet des Rheingrabens (vgl. Illies 1974) hätten zugeordnet werden können. Auch sind mit Bolus gefüllte Klüfte nicht vorhanden.

Es fällt auf, dass die Normale zur Achse der Gipou-Kette mit der Richtung übereinstimmt, die aus in-situ Spannungs-Messungen (Greiner 1975), Herdflächen-Lösungen von Erdbeben (Ahorner & Schneider 1974, Pavoni & Peterschmitt 1974, Ahorner 1975) und aus Horizontalstylolithen (Hoffers 1974) für σ_1 des neogenen-rezenten regionalen Spannungsfeldes ermittelt wurde.

Ob die NE streichenden Strukturen diesem Spannungsfeld zuzuordnen sind oder ob es sich um eine Auswirkung lokaler Unregelmässigkeiten im regionalen Spannungsfeld der Jurafaltung (vgl. Laubscher 1972, Fig. 6) handelt, kann wohl nur in einer grossräumigeren Untersuchung ermittelt werden. Weitere Anhaltspunkte soll dabei die Aufnahme einer etwas weiter NW gelegenen, ebenfalls NE streichenden Linie geben, durch welche die Mt. Terri-Kette nach W begrenzt wird.

Saignelégier-Kette

Die N 70 E streichende Saignelégier-Kette (Rollier 1898) entwickelt sich im E südlich Le Bémont aus der Mulde von Pré Petitjean (Forkert 1933) und interferiert im W mit der Gipou-Kette. Ihr Kern ist E von Saignelégier bis in die Renggeri-Tone aufgeschlossen. Der Nordschenkel der Kette wird von einer Überschiebung begrenzt, welche schon im Kern der Gipou-Kette (Ausbiss: Dalle nacrée auf Rauracien-Korallenkalke, vgl. Tafel) bei Derrière le Cras beobachtet werden kann, wo die tieferen Teile der Überschiebung aufgeschlossen sind. Etwas weiter östlich ändert die Störung ihr Streichen von N 40 E auf N 65 E, zerreisst den Nordschenkel der offenbar teilweise präexistenten Gipou-Kette und folgt dem Nordschenkel der Saignelégier-Kette. Sie verläuft dann im Trockentälchen N von Saignelégier, wo sie beim Friedhof noch festgestellt werden kann.

Mulde von Les Muriaux

Die von FORKERT (1933) als mittlere Teilmulde der Pré Petitjean-Synklinale bezeichnete Mulde von Les Muriaux befindet sich zwischen der Saignelégier- und der Somêtres-Kette. Die Mulde verläuft S von Saignelégier bis zur Strasse Saignelégier - Les Emibois in den Pichoux-Kalken und wird mehrheitlich von tiefen Bodenbildungen überdeckt. Weiter westlich sind die jüngeren Schichtglieder bis zur Reuchenette-Formation erhalten geblieben (vgl. Tafel).

Somêtres-Kette

Die Somêtres-Kette (ROLLIER 1893) taucht E von Sous le Bémont aus der Mulde von Pré Petitjean auf (FORKERT 1933) und mündet im W in die Gipou-Kette. Eine Störung begrenzt ihren Südschenkel E von Derrière la Tranchée (vgl. Tafel) und durchquert SW dieser Lokalität die anschliessende Mulde. Ihr Einfallen ist nicht beobachtbar (südvergente Überschiebung?) und kann der schlechten Aufschlüsse wegen auch kleintektonisch (Kluftinventar, Bewegungsspuren) nicht ermittelt werden. Die Antiklinalachse steigt dort, wo die Störung den Südschenkel verlässt, flexurartig nach W an.

Mulde von Fond des Charmattes

Die Mulde von Fond des Charmattes (LÜTHI 1949) liegt zwischen der Somêtres- und der Raimeux-Kette. Sie wird unmittelbar E der Strasse Saignelégier - Les Emibois durch die schon erwähnte (schlecht aufgeschlossene) Störung gequert, durch die der W Teil der Mulde um 80 m gehoben erscheint. Unmittelbar W der Querstörung steigt die Strukturachse (wie diejenige der Somêtres-Kette) mit 10° an, während sie E davon horizontal liegt. Die Mulde interferiert im W mit der Gipou-Kette.

Raimeux-Kette

Von der Raimeux-Kette (THURMANN 1832) fällt lediglich das W-Ende ins bearbeitete Gebiet: eine stark asymmetrische Kleinfalte mit flachem Süd- und vertikal stehendem Nordschenkel. In der Verlängerung der die Mulde von Fond des Charmattes querenden Störung ist die Falte deutlich sinistral geschleppt worden, eine S Fortsetzung der Störung konnte jedoch nicht beobachtet werden. Weiter westlich nimmt der Kompressionsbetrag der Kette kontinuierlich ab: Gewölbeschluss bei Les Emibois in den Pichoux-Kalken, an der Strasse Les Emibois - Le Noirmont (S von Rière les Combattes) in den Humeralis-Kalken.

Mulde von Chantereine - Les Prailats (H. SUTER 1936)

Mulde zwischen der Raimeux- und der Les Bois-Pâturatte-Kette, im W (nach dem Abtauchen der Raimeux-Kette) zwischen der Gipou- und der Les Bois-Pâturatte-Kette. Die in der Reuchenette- und Twannbach-Formation aufgeschlossene, weitgehend verlehmte Synklinale wird nach S durch eine Überschiebung von

der Les Bois-Pâturatte-Kette getrennt. Die horizontale Strukturachse liegt 280 m höher als diejenige der Mulde von La Goule.

Les Bois-Pâturatte-Kette (ROLLIER 1898)

Nur ein kleiner, N 55 E streichender Teil der Kette fällt auf Blatt Saignelégier. Er wird überlagert von zwei annähernd W-E streichenden kleineren Strukturen, einer bis auf die Humeralis-Kalke reichenden Mulde bei Les Peux und einer Kleinfalte (Kern aus Renggeri-Ton) bei Le Roselet. Am Nordrand der Kette beisst eine nordvergente Überschiebung aus. Sie ist im W an der Freibergenbahn SE von Sous le Terreau aufgeschlossen, wo eine kleine Stauchfalte aus Hauptmumienbank auf Twannbach-Formation überschoben ist. Die Überschiebung wird W von La Fonge von der Strasse Les Emibois - Le Roselet gequert (Ausbiss: unterer Teil der Reuchenette-Formation auf Twannbach-Formation) und kann auch bei Les Chenevières noch beobachtet werden.

4. Klassifikation der beobachteten Deformationen

— *Unverfaltete Überschiebung:* Wo sie im Seitenriss beobachtbar sind, haben die unverfalteten Überschiebungen eine Neigung zwischen 6° und 26°. Das Gestein ist bis zu einer Entfernung von rund 3 m vom Überschiebungskontakt häufig kakiritisiert und zeigt Rekristallisationserscheinungen. Zum Teil werden linsenförmige Körper von Bewegungsflächen umschlossen.
In undeformierten Gebieten (Synklinalen) sind Überschiebungsklüfte nur in unmittelbarer Nähe von Faltenscharnieren anzutreffen.
Auf Profilen früherer Autoren sind in den Freibergen vorhandene Überschiebungen mit einer Neigung von 40-60° eingezeichnet. Dies dürfte der wesentliche Grund sein für die aus diesen Profilen resultierende Diskrepanz zwischen kurvimetrischer und volumetrischer Kompression.

— *Knickfalte:* In Figur 2 dargestellter Deformationstyp, der aus zwei konjugierten, ±60° geneigten Knickbändern besteht, die von einem inkompetenten Schichtbereich ausgehen (näheres in LAUBSCHER 1976*a*, 1976*b*). Beispiel: Mont Miroir-Kette, westlicher Teil der Somêtres-Kette.

— *Überschiebungsfalte:* Asymmetrische Deformation, die sich aus einer Überschiebung und aus auf das Hangende der Überschiebung beschränkter Rotation zusammensetzt. Mögliche Ursache: Variierende Neigung der Bruchfläche aufgrund der unterschiedlichen Winkel der inneren Reibung der beteiligten Gesteine. Beispiel: Gipou-Kette.

— Diskontinuierlicher Übergang im Profil von Überschiebung zu Knickfalte (oder einzelnem Knickband) mit dazwischenliegender, mechanisch inkompetenter Formation. Beispiel: Vellerat-Kette (?).

— Verfaltung einer Überschiebung durch Rotationen, die von jüngeren, tiefer liegenden Überschiebungen oder Abscherungen ausgehen. Beispiel: St. Brais-Kette (?).

Verdankung

Herrn Prof. H. Laubscher danke ich für mancherlei Hilfe, u.a. wurde die Feldarbeit unterstützt durch einen ihm zugesprochenen Shell unrestricted grant.

LITERATURVERZEICHNIS

AHORNER, L. (1975): *Present-day stress field and seismotectonic block movements along major fault zones in Central Europe.* - Tectonophysics (29), *1/4*, 233-249.

AHORNER, L., & SCHNEIDER, G. (1974): *Mechanismen von Erdbeben im Oberrhein-Graben und in seinen Randgebirgen.* In: ILLIES, J.H., & FUCHS, K. (Ed.): *Approaches to Taphrogenesis* (p.104-117). - Schweizerbart, Stuttgart.

BOLLIGER, W., & BURRI, P. (1970): *Sedimentologie von Schelf-Carbonaten und Beckenablagerungen im Oxfordien des zentralen Schweizer Jura.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *140.*

BÜCHI, U.P., LEMCKE, K., WIENER, G., & ZIMDARS, J. (1965): *Geologische Ergebnisse der Erdölexploration auf das Mesozoikum im Untergrund des schweizerischen Molassebeckens.* - Bull. Ver. schweiz. Petroleum-Geol. u. -Ing. (32), *82*, 7-38.

BUXTORF, A. (1922): *Das Längenprofil des schweizerisch-französischen Doubs zwischen dem Lac des Brenets und Soubey.* - Eclogae geol. Helv. *16/5*, 527-537.

BUXTORF, A., & LEHNER, E. (1920): *Über alte Doubsläufe zwischen Biaufond und Soubey.* - Eclogae geol. Helv. *16/1*, 75-79.

DIEBOLD, P. (1960): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Ocourt.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *111.*

FILLIAT, G. (1954): *Le Jura français entre Maîche et le Doubs.* - Unpubl. Diplomarb. ETH Zürich (Manuskript deponiert in der Bibliothek des geol. Inst. der ETH Zürich).

FORKERT, E. (1933): *Geologische Beschreibung des Kartengebietes Tramelan im Berner Jura.* - Eclogae geol. Helv. *26/1*, 1-41.

GLAUSER, A. (1936): *Geologische Beschreibung des Kartengebietes von Blatt Montfaucon im Berner Jura.* - Verh. natf. Ges. Basel *47*, 68-124.

GREINER, G. (1975): *In-situ stress measurements in southwest Germany.* - Tectonophysics (29), *1/4*, 265-274.

HOEPPENER, R. (1955): *Tektonik im Schiefergebirge.* - Geol. Rdsch. *44*, 26-58.

HOFFERS, B. (1974): *Horizontalstylolithen, Abschiebungen, Klüfte und Harnische im Gebiet des Hohenzollern-Grabens und ihre Altersverhältnisse.* - Oberrh. geol. Abh. (23), *1/2*, 65-73.

ILLIES, H. (1974): *Intra-Plattentektonik in Mitteleuropa und der Rheingraben.* - Oberrh. geol. Abh. (23), *1/2*, 1-24.

KELLER, W.T. (1922): *Geologische Beschreibung des Kettenjura zwischen Delsbergerbecken und Oberrheinischer Tiefebene.* - Eclogae geol. Helv. *17/1*, 1-77.

KIENOW, S. (1955): *Mechanische Probleme bei der Auffaltung der subvariszischen Vortiefe.* - Z. dtsch. geol. Ges. *107*, 140-157.

LAUBSCHER, H. (1948): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt St. Ursanne.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *92.*

— (1965): *Ein kinematisches Modell der Jurafaltung.* - Eclogae geol. Helv. *58/1*, 231-318.

— (1972): *Some overall aspects of Jura dynamics.* - Amer. J. Sci. *272*, 293-304.

— (1976a): *Fold development in the Jura.* - Tectonophysics (im Druck).

— (1976b): *Geometrical adjustments during rotation of a Jura fold limb.* - Tectonophysics (im Druck).

LINIGER, H. (1926): *Über Gitterfaltung im Berner Jura.* - Eclogae geol. Helv. *19/3*, 625-629.

LÜTHI, E. (1949): *Geologische Beschreibung der Kartengebiete Saignelégier und Vautenaivre.* - Unpubl. Diplomarb. ETH Zürich (Manuskript deponiert in der Bibliothek des geol. Inst. der ETH Zürich).

PAVONI, N., & PETERSCHMITT, E. (1974): *Das Erdbeben von Jeurre vom 21.Juni 1971 und seine Beziehungen zur Tektonik des Faltenjura.* In: ILLIES, J.H., & FUCHS, K. (Ed.): *Approaches to Taphrogenesis* (p.322-329). - Schweizerbart, Stuttgart.

PÜMPIN, V.F. (1965): *Riffsedimentologische Untersuchungen im Rauracien von St. Ursanne und Umgebung.* - Eclogae geol. Helv. *58/2*, 799-876.

RAMSAY, J.G. (1967): *Folding and fracturing of rocks.* - McGraw-Hill, New York/Toronto/London.

ROLLIER, L. (1893): *Structure et histoire géologiques du Jura central.* - Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] *8*, 1er Suppl.

— (1898): *Description géologique de la partie jurassienne de la Feuille VII.* - Matér. Carte géol. Suisse [n.s.] *8*, 2e Suppl.

SCHNEIDER, A. (1960): *Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt Porrentruy.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *109*.

SCHUH, F. (1914): *Geologische Beschreibung der Gegend von Saignelégier und Les Pommerats.* - Z. dtsch. geol. Ges. *66*, 34–75.

SUTER, H. (1936): *Geologische Beschreibung der Kartengebiete Les Bois und St. Imier.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *72*.

THALMANN, H.K. (1966): *Zur Stratigraphie des oberen Malm im südlichen Berner und Solothurner Jura.* - Mitt. natf. Ges. Solothurn *22*, 3–183.

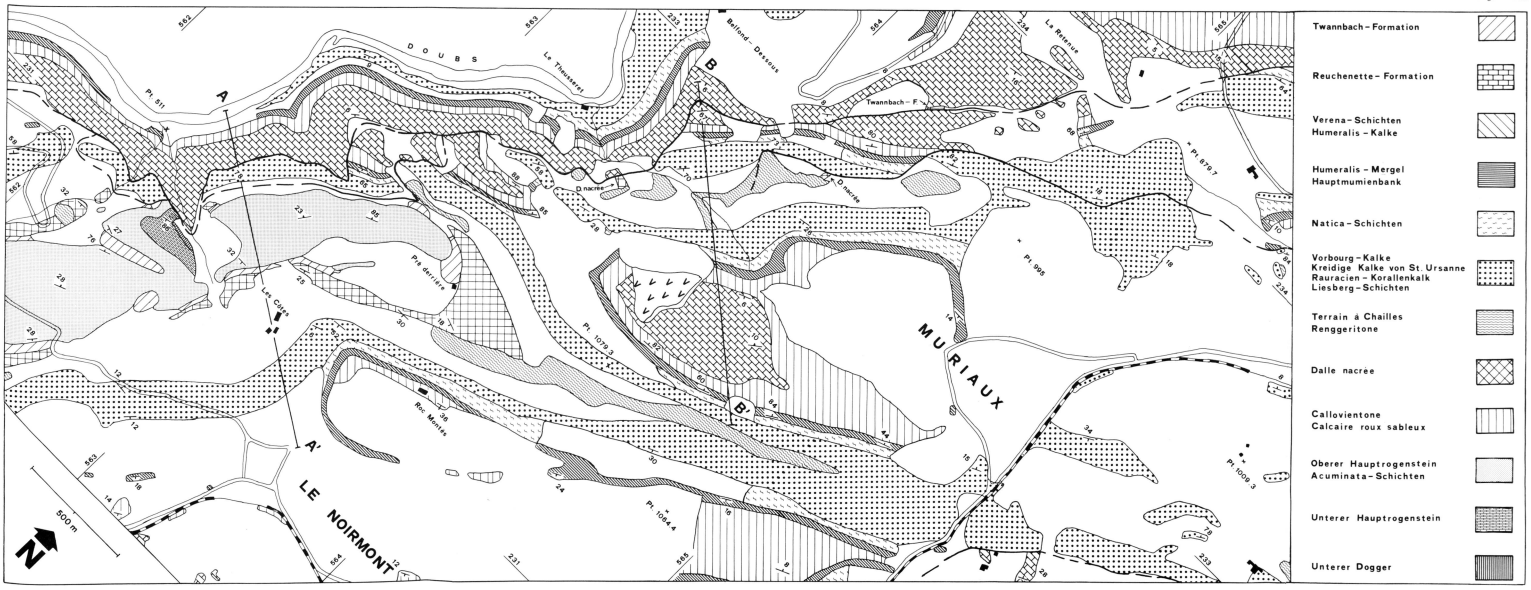
THÉOBALD, N. (1967): *Les sondages profonds de la partie méridionale du fossé rhénan.* - Ann. sci. Univ. Besançon (3), *3*, 3–24.

THURMANN, J. (1832): *Essai sur les soulèvemens jurassiques.* - Strasbourg.

— (1836): *Essai sur les soulèvemens jurassiques, second cahier.* - Porrentruy.

ZIEGLER, M.A. (1962): *Beiträge zur Kenntnis des unteren Malm im zentralen Schweizer Jura.* - Inaug.-Diss. Univ. Zürich.

ZIEGLER, P.A. (1956): *Zur Stratigraphie des Séquanien im zentralen Schweizer Jura.* - Beitr. geol. Karte Schweiz [N.F.] *102*.



Geologische Karte der Gipou-Kette und der mit ihr interferierenden Strukturen

Eingezeichnete Profilspuren: Fig. 15a (AA') und Fig. 15b (BB')