

**Beiträge**  
**zur Geologischen Karte der Schweiz**

herausgegeben von der  
**Geologischen Kommission**  
**der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft**  
subventioniert von der Eidgenossenschaft

**Matériaux**  
**pour la Carte Géologique de la Suisse**

publiés par la  
**Commission Géologique**  
**de la Société Helvétique des Sciences Naturelles**  
subventionnés par la Confédération

**Materiali per la Carta Geologica della Svizzera**

pubblicati dalla  
**Commissione Geologica della Società Elvetica di Scienze Naturali**  
sovvenzionati dalla Confederazione

---

**Neue Folge, 92. Lieferung**

Des ganzen Werkes 122. Lieferung

---

# **Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt St-Ursanne**

(Berner Jura)

Von

**Hans Laubscher**

Basel

Mit 4 Textfiguren und 3 Tafeln

**BERN**

In Kommission bei  
**KÜMMERLY & FREY AG.**, Geographischer Verlag, Bern  
1948

Gedruckt bei Stämpfli & Cie.

## Vorwort der Geologischen Kommission

In der Sitzung vom 6. Dezember 1947 legte Herr Dr. HANS LAUBSCHER der Geologischen Kommission das Manuskript seiner Dissertation «*Geologie des Gebietes von Siegfriedblatt St-Ursanne (Berner Jura)*» vor, mit dem Gesuch, die Arbeit in die «Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz» aufzunehmen.

Diese geologische Untersuchung stützt sich auf die von Herrn LAUBSCHER durchgeführte Kartierung des erwähnten Gebietes; hierfür stand ihm das vom Vermessungsamt des Kantons Bern herausgegebene Kartenblatt St-Ursanne 1 : 10 000 zur Verfügung.

Da die sehr detaillierte Kartenaufnahme bei der spätern Herausgabe des Blattes 88—91 Porrentruy—Miécourt—Ocourt—St-Ursanne des «Geologischen Atlas der Schweiz 1 : 25 000» übernommen werden kann, beschloss die Kommission, die Arbeit in die Serie ihrer «Beiträge» aufzunehmen. Dieser Beschluss wurde ihr ausserdem dadurch erleichtert, dass es dem Autor möglich war, einen wesentlichen Beitrag an die Druckkosten zu leisten. Die Geologische Kommission spricht hierfür ihren besten Dank aus.

Dem vorliegenden Text ist als Tafel I eine «Tektonische Karte des Blattes St-Ursanne» beigegeben; sie entspricht einer etwas vereinfachten Darstellung der oben erwähnten Detailkartierung. Die «Profilserie» (Tafel II) und die «Strukturkarte» (Tafel III) orientieren über die Einzelheiten des tektonischen Baues des untersuchten Gebietes.

Die Belegsammlung zu der vorliegenden Arbeit befindet sich zurzeit im Geologisch-paläontologischen Institut der Universität Basel, wird aber später der Geologischen Abteilung des Basler Naturhistorischen Museums übergeben.

Für den Inhalt des Textes und der beigegebenen Illustrationen ist der Verfasser allein verantwortlich.

Basel, im Juli 1948.

Für die Geologische Kommission  
der Schweizerischen Naturforschenden Gesellschaft,

*Der Präsident:*

Dr. A. BUXTORF, a. Prof.

*Der Sekretär:*

O. P. SCHWARZ

## Vorwort des Verfassers

---

Die vorliegende Untersuchung über die Geologie des Kartengebietes St-Ursanne unternahm ich auf Anregung meines Lehrers Prof. L. VONDERSCHMITT.

Während über die östlich und südlich angrenzenden Juraabschnitte neuere Untersuchungen vorliegen, fehlten sie bisher für das Gebiet des Siegfriedblattes St-Ursanne. Eine Kartierung, die vor etwa 25 Jahren von einem Schüler des Basler geologischen Institutes begonnen worden war, blieb unvollendet; die dabei erzielten Ergebnisse standen nicht zur Verfügung.

Die vorliegende Arbeit will diese Lücke ausfüllen. Meine Untersuchungen begannen im Sommer 1945. Die Feldarbeit wurde hauptsächlich während der Sommermonate 1945 und 1946 durchgeführt; ihre Verwertung und Ausarbeitung erfolgte während der folgenden Wintersemester im geologischen Institut der Universität Basel. Als topographische Unterlage für die Feldaufnahmen konnte das 1932 erschienene, dem Blatt 91, St-Ursanne, des Siegfriedatlases entsprechende Blatt des «Plan d'ensemble 1 : 10 000, édité par l'Office cantonal du Cadastre, Berne» benützt werden. Der grosse Maßstab und die im allgemeinen gute Darstellung ermöglichten eine sehr eingehende geologische Kartierung.

Bei der Ausführung meiner Arbeit wurde mir von vielen Seiten Unterstützung und Rat zuteil, wofür ich an dieser Stelle meinen Dank aussprechen möchte. Dieser gilt in erster Linie Herrn Professor VONDERSCHMITT, dessen Rat und Anregungen mir stets eine grosse Hilfe waren. Von Herrn Prof. BUXTORF erhielt ich die erste Einführung in die Jurageologie. Er überliess mir ausserdem Originalkarten einer gemeinsam mit Prof. VONDERSCHMITT durchgeführten Untersuchung im Clos du Doubs. Besonders danke ich ihm für seine Hilfe bei der endgültigen Fassung der vorliegenden Arbeit. Durch seine Vermittlung konnte ich auch Einsicht nehmen in Neuaufnahmen des Blattes Undervelier, die Herr Dr. GLAUSER im Auftrag der Schweizerischen Geologischen Kommission ausgeführt hatte.

Dank dem Entgegenkommen von Herrn Dr. A. WERENFELS konnte ich dessen unveröffentlichte Aufnahmen der Kartengebiete St-Ursanne und Miécourt konsultieren. Herr Dr. P. KELTERBORN stellte mir zur Kenntnisnahme Karte und Manuskript seiner Untersuchungen im Gebiet des Mont Terri zur Verfügung.

Herr Professor F. LIEB bestimmte meine im Hauptrogenstein gesammelten Brachiopoden. Auch ihm sei bestens gedankt.

Mein Dank gilt aber auch der Geologischen Kommission S. N. G. für die Aufnahme meiner Arbeit in die Serie ihrer «Beiträge».

Finanzielle Unterstützung durch den «Dissertationenfonds» der Universität Basel ermöglichte den kostspieligen Druck der Arbeit; hiefür sei der Universität bestens gedankt.

Endlich bin ich allen jenen zu Dank verpflichtet, die mir während der Untersuchung ihre Gastfreundschaft gewährten, vorab Herrn Direktor GROSCHUPF in Outremont und der Familie WENGERGER in Montrousselin.

Basel, im August 1948.

Hans Laubscher

## Inhaltsverzeichnis

Vorwort der Geologischen Kommission . . . . .	III		
Vorwort des Verfassers . . . . .	IV		
Verzeichnis der Textfiguren . . . . .	VI		
Verzeichnis der Tafeln . . . . .	VI		
Literaturverzeichnis . . . . .	VII		
Bemerkungen zu den Tafeln . . . . .	X		
<b>Einleitung</b> . . . . .	1		
Bisherige Untersuchungen . . . . .	1		
<b>A. Stratigraphie</b>			
I. Trias			
1. Keuper . . . . .	3		
II. Jura			
1. Lias . . . . .	3		
a) Unterer und mittlerer Lias . . . . .	3		
b) Opalinustone . . . . .	3		
2. Dogger . . . . .	4		
a) Unterer Dogger . . . . .	4		
b) Hauptrogenstein . . . . .	4		
c) Calcaire roux sableux und Callovientone . . . . .	7		
d) Dalle nacréée und Fer sous-oxfordien . . . . .	7		
3. Malm . . . . .	8		
a) Oxfordien . . . . .	8		
b) Rauracien . . . . .	8		
c) Plattige Kalke . . . . .	9		
d) Unteres und mittleres Séquanien . . . . .	9		
e) Oberer Malm . . . . .	10		
III. Tertiär			
1. Eozän . . . . .	11		
a) Bolus mit Bohnerz . . . . .	11		
b) Sandstein . . . . .	11		
c) Daubrée-Konglomerat, Daubrée-Kalk, Süßwasser- kalk . . . . .	11		
d) Eozäne Bildungen in Verwerfungsklüften . . . . .	11		
2. Oligozän . . . . .	12		
a) Graugrüne Mergel . . . . .	12		
b) Molasse alsacienne . . . . .	12		
c) Delsberger Süßwasserkalk . . . . .	13		
3. Miozän und Pliozän . . . . .	13		
a) Die Sandsteine und Mergel . . . . .	13		
b) Die Vogesenschotter . . . . .	13		
c) Die Geröllvorkommen ausserhalb des Bois de Raube . . . . .	14		
IV. Quartär			
1. Verwitterungslehme . . . . .	15		
2. Alte Doubsschotter . . . . .	15		
3. Alluvionen . . . . .	15		
4. Gehängeschutt . . . . .	16		
5. Kalktuff . . . . .	16		
<b>B. Tektonik</b>			
			Seite
I. Die tektonische Lage des Untersuchungsgebietes . . . . .			17
II. Übersicht über die tektonischen Einheiten des Unter- suchungsgebietes . . . . .			18
III. Tektonische Beschreibung . . . . .			19
1. Das Delsberger Becken . . . . .			19
2. Die nördliche Randkette des Beckens: die Vor- burg-Kette . . . . .			19
3. Der Gebirgsknoten von Les Rangiers-La Caque- relle . . . . .			21
4. Die Caquerelle-Kette . . . . .			23
a) Der Doggerkern der Caquerelle-Kette . . . . .			23
b) Der SE-Schenkel der Caquerelle-Kette . . . . .			25
c) Die Störung von Montmelon . . . . .			27
d) Die SSW-NNE-Streichrichtung der Caque- relle-Kette . . . . .			31
5. Der S-Schenkel der Mont Terri-Kette im Ab- schnitt Côte du Frêne-Outremont . . . . .			31
6. Die Querbrüche und axialen Unregelmässigkeiten der Mont Terri-Kette im Abschnitt von Sur la Croix . . . . .			33
a) Die Clairmont-Kette . . . . .			33
b) Die Synklinale von Montnat . . . . .			36
c) Die Kette von Sur Plainmont . . . . .			36
7. Die Clos du Doubs-Kette . . . . .			36
a) Der Abschnitt zwischen der Störung von Montmelon und dem Doubs . . . . .			37
b) Der N-Schenkel im W des Doubs und die Nebenantiklinale von La Joux Chaupe . . . . .			37
c) Der S-Schenkel im Abschnitt La Lomenne- Montenol . . . . .			39
d) Die Malmserie im SW von Montenol . . . . . Die disharmonische Faltung im S-Schenkel der Clos du Doubs-Kette . . . . .			39
Die Nebenantiklinale von Champ de Souboz Die Querstörung von Châtillon . . . . .			40 41
<b>C. Morphologie</b>			
1. Reste alter Einebnungsflächen . . . . .			42
2. Die Frage der Faltungsphasen . . . . .			43
3. Das Doubstal . . . . .			44
Alte Doubsniveaus . . . . .			44
4. Trockentäler . . . . .			45
5. Sackungen und Hakenwerfen . . . . .			45
6. Karstformen . . . . .			47
7. Quellen . . . . .			47
Zusammenfassung der wichtigsten Resultate . . . . .			48

## Verzeichnis der Textfiguren

	Seite
Fig. 1. Die tektonische Lage des Kartengebietes St-Ursanne . . . . .	18
Fig. 2. Geologische Kartenskizze 1 : 10 000 des Gebietes von Les Rangiers-La Caquerelle . . . . .	20
Fig. 3a. Das Profil des Glovelier-Tunnels nach F. MATHEY (1883) . . . . .	27
Fig. 3b. Neue Interpretation des Tunnelprofils nach den Befunden in der Combe du Bé . . . . .	27
Fig. 4. Geologische Kartenskizze 1 : 10 000 des Tälchens von Les Gripons . . . . .	30

## Verzeichnis der Tafeln

Tafel I. Tektonische Karte des Gebietes von Siegfriedblatt St-Ursanne, 1 : 25 000.
Tafel II. Profilserie durch das Gebiet von Siegfriedblatt St-Ursanne, 1 : 25 000.
Tafel III. Strukturkarte der Gegend von St-Ursanne, 1 : 25 000.

## Literaturverzeichnis

1. AUBERT, D.: Monographie géologique de la vallée de Joux. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **78**, Liefg., 1943.
2. BAUMBERGER, E.: Die Eisenerze im Schweizer Jura. — Mitt. Natf. Ges. Bern, 1907.
3. — Bohnerz. Die Vorkommen im Juragebirge. — Beitr. zur Geologie d. Schweiz, Geotechnische Serie, **13**, Liefg., 1, 1923.
4. — Die stampischen Bildungen der Nordwestschweiz und ihrer Nachbargebiete mit besonderer Berücksichtigung der Molluskenfaunen. — Ecl. geol. Helvet., **20**, 1927.
5. BIRKHÄUSER, M.: Geologie des Kettenjura der Umgebung von Undervelier (Berner Jura). — Verh. d. Natf. Ges. in Basel, Bd. **XXXVI**, 1924/1925.
6. BUXTORF, A.: Zur Tektonik des Kettenjura. — Bericht über die 40. Versammlung d. Oberrhein. Geol. Vereins zu Lindau, 1907.
7. — Über den Gebirgsbau des Clos du Doubs und der Velleratkette im Berner Jura. — Bericht über die Vers. d. Oberrhein. Geol. Vereins, 1909.
8. — Bericht über die Exkursion der Schweiz. geol. Ges. in die Umgebung von Aesch-Grellingen und das Clos du Doubs. — Ecl. geol. Helv., **11**, Nr. 3, 1910.
9. — Einige Bemerkungen über das Rhät im schweiz. Juragebirge und den Gebirgsbau der Vorburgkette. — Ecl. geol. Helv., **11**, Nr. 3, 1910.
10. — Prognosen und Befunde beim Hauensteinbasis- und Grenchenbergtunnel und die Bedeutung der letzteren für die Geologie des Juragebirges. — Verh. d. Natf. Ges. in Basel, Bd. **XXVII**, 1916.
11. — und KOCH, R.: Zur Frage der Pliozänbildungen im Nordschweizerischen Juragebirge. — Verh. d. Natf. Ges. in Basel, Bd. **XXXI**, 1920.
12. — und LEHNER, E.: Rheintalische Brüche in der Mont-Terrible-Kette und im Clos du Doubs. — Ecl. geol. Helv., **16**, 1920.
13. — und LEHNER, E.: Über alte Doubsläufe zwischen Biaufond und Soubey. — Ecl. geol. Helv., **16**, 1920.
14. — Das Längenprofil des schweizerisch-französischen Doubs zwischen dem Lac des Brenets und Soubey. — Ecl. geol. Helv., **16**, 5, 1922.
15. — Über das oligozäne Alter der Verwerfungen im Schweizer Tafeljura. — Ecl. geol. Helv., **21**, 2, 1928.
16. — und CHRIST, P.: Erläuterungen zu Blatt Laufen-Mümliswil des Geol. Atlas d. Schweiz 1 : 25 000, herausgeg. v. d. Geol. Komm. d. Schweiz. Naturf. Ges., 1936.
17. — Disharmonische Faltung im Callovien-Oxfordien der Movelierkette bei Liesberg. Ecl. geol. Helv., **30**, 1937.
18. BOURQUIN, PH.: Notice explicative de la feuille 15 (Biaufond-Les Bois-La Ferrière-St-Imier) de l'Atlas géol. de la Suisse 1 : 25 000, publ. par la Comm. géol. de la Soc. helv. des Sc. nat., 1946.
19. CHABOT, G.: Les Plateaux du Jura central. Etude de Morphogénie. — Publ. de la faculté d. lettres de l'Univ. de Strasbourg, fasc. **41**, 1927.
20. CLOOS, H.: Tafel- und Kettenland im Basler Jura und ihre tektonischen Beziehungen nebst Beiträgen zur Kenntnis des Tertiärs. — Neues Jahrb. f. Min. usw., Beil.-Bd. **30**, 1910.
21. CUSTER, W.: Etude géologique du pied du Jura vaudois. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **59**, Liefg., 1928.
22. DREYFUSS, M.: Observation sur des failles de la région des Fourgs (Doubs). — Compte rendu somm. des séances de la Soc. géol. de France, n° **13**, 1946.
23. DUBOIS, G.: Sur les failles subméridiennes en marge méridionale de la Coupole rhénane. — Compte rendu somm. des séances de la Soc. géol. de France, n° **13**, 1946.
24. ERZINGER, E.: Die Oberflächenformen der Ajoie (Berner Jura). — Diss. Basel, 1943.
25. GLAUSER, A.: Geologische Beschreibung des Kartengebietes von Blatt Montfaucon im Berner Jura. — Verh. d. Natf. Ges. in Basel, Bd. **XLVII**, 1936.

26. GRAHMANN, R.: Der Jura der Pfirt im Ober-Elsass. — Neues Jahrb. für Min. etc., Beil.-Bd. **XLIV**, 1920.
27. GREPPIN, J. B.: Description géologique du Jura Bernois. — Mat. pour la Carte géol. de la Suisse, **VIII**, 1870.
28. HEIM, A.: Vermehrtes Licht in der Juraforschung. — Verh. d. Schweiz. Naturf. Ges., 97. Sitzung in Genf, 1915.
29. — Geologie der Schweiz. — Leipzig 1919.
30. HUMMEL, K. L.: Die Tektonik des Elsgaues. — Verh. d. Naturf. Ges. zu Freiburg i. Br., **XX**, 1914.
31. KELLER, W. T.: Geologische Beschreibung des Kettenjura zwischen Delsberger Becken und Oberrheinischer Tiefebene. — Ecl. geol. Helv., **17**, 1, 1922.
32. KELTERBORN, P.: Beobachtungen im Mont-Terri-Gebiet zwischen Courgenay und Asuel (Berner Jura). — Ecl. geol. Helv., **37**, 2, 1944.
33. KLUEPFEL, W.: Über die Sedimente der Flachsee im Lothringer Jura. — Geol. Rundschau, Bd. **VII**, 3/4, 1916.
34. KOPY, F.: Etude stratigraphique des couches rauraciennes supérieures du Jura Bernois. En P. DE LORIOU, Etudes sur les mollusques des couches corall. inf. du Jura bernois. — Mém. Soc. Pal. Suisse, **XIX**, 1892.
35. KOCH, R.: Geologische Beschreibung des Beckens von Laufen im Berner Jura. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **48**. Liefg., 1923.
36. LAGOTALA, H.: Etude géologique de la région de la Dôle. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **46**. Liefg., 1920.
37. LEHNER, E.: Tektonik des Kettenjuranordrandes zwischen Meltingen und Reigoldswil (Nordschweizerisches Juragebirge). — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **42**. Liefg., 1920.
38. LIEB, F.: Die Brachiopoden des mittleren Doggers des schweizerischen Juras und ihre stratigraphische Bedeutung. — Tätigkeitsbericht d. Naturf. Ges. Baselland, Bd. **15**, 1945.
39. LINIGER, H.: Geologie des Delsberger Beckens und der Umgebung von Movelier. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **55**. Liefg., IV, 1925.
40. — Über Gitterfaltung im Berner Jura. — Ecl. geol. Helv., **19**, 1926.
41. — und WERENFELS, A.: Zur Tektonik der Gegend von Asuel und St-Ursanne (vorläufige Mitteilung). — Ecl. geol. Helv., **20**, 2, 1926.
42. DE MARGERIE, E.: Le Jura, II. — Paris, 1936.
43. MATHEY, F.: Coupes géologiques des tunnels du Doubs. — Denkschrift d. Schweiz. Naturf. Ges., Bd. **XXIX**, 1883.
44. MÜHLBERG, F.: Bericht über die Exkursion der Schweizerischen geologischen Gesellschaft in das Gebiet der Verwerfungen, Überschiebungen und Überschiebungsklippen im Basler und Solothurner Jura vom 7. bis 10. September 1892. — Verh. d. Naturf. Ges. in Basel, Bd. **X**, 2, 1894.
45. NOLTHENIUS, T.: Etude géologique des environs de Vallorbe. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **48**. Liefg., 1921.
46. PHILIPP, H.: Die Stellung des Jura im alpin-saxonischen Orogen. — Zeitschr. deutsch. geol. Ges., **94**, 8, 1942.
47. QUIQUEREZ, A.: Notice historique et statistique sur les mines, les forêts et les forges de l'ancien Evêché de Bâle. — Extrait des archives de la Soc. Jur. d'émulation, Porrentruy, 1855.
48. — Recueil d'observations sur le terrain sidérolithique dans le Jura bernois et particulièrement dans la vallée de Delémont et de Moutier. — Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., 1852.
49. — Rapport sur la question d'épuisement des mines de fer du Jura bernois à la fin de l'année 1863 comparativement aux prévisions de la commission spéciale des mines en 1854, soit après une période de dix ans. — Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., 1865.
50. RAVEN, TH.: Etude géologique de la région de Morez—les Rousses. — Diss. Utrecht, 1932.
51. — Über die Ursache der Bildung von Transversalverschiebungen im Jura-Gebirge. — Ecl. geol. Helv., **26**, 1933.
52. REED, R. D., and HOLLISTER, J. S.: Structural evolution of southern California. — Publ. Am. Ass. Petr. Geol., 1936.
53. ROLLIER, L.: Etude stratigraphique sur le Jura bernois: Les faciès du Malm jurassien. — Arch. Sc. phys. et nat., Genève, **XIX**, 1888.
54. — Structure et histoire géologique de la partie du Jura central comprise entre le Doubs (Chaux-de-Fonds), le Val de Delémont, le Lac de Neuchâtel et le Weissenstein. — Mat. pour la carte géol. de la Suisse, livr. **VII**, 1<sup>er</sup> suppl., Berne, 1893.
55. — Sur les lapiés du Jura. — Bull. soc. neuch. sc. nat., t. **XXII**, Neuchâtel, 1894.
56. — Défense des faciès du Malm. — Arch. Sc. phys. et nat., Genève, **XXXIV**, 1895.

57. ROLLIER, L.: Deuxième supplément à la description géologique de la partie jurassienne de la feuille VII de la carte géologique de la Suisse, Mat. p. la carte géol. de la Suisse, nouv. sér., livr. **VIII**, Berne, 1898.
58. — Die Bohnerzformation oder das Bohnerz und seine Entstehungsweise. — Vierteljahrsschr. d. Naturf. Ges. in Zürich, 1905.
59. — Les faciès du Dogger ou Oolithique dans le Jura et les régions voisines. — Zürich, 1911.
60. SCHMASSMANN, H.: Stratigraphie des mittleren Doggers der Nordschweiz. — Tätigkeitsber. d. Naturf. Ges. Baselland, **14**, 1944.
61. SCHNEEGANS, D.: Sur l'âge des failles du Jura alsacien. — Compte rendu somm. des séances de la Soc. géol. de France, 1932.
62. — Notes sur la tectonique du Jura alsacien. — Bull. serv. carte géol. d'Alsace et de Lorraine, T. **2**, 1932.
63. SCHWABE, E.: Morphologie der Freiberge. — Mitt. d. Geogr.-Ethnol. Ges. in Basel, Bd. **V**, 1935—1938.
64. SENN, A.: Über die Huppererde von Lausen und das geologische Alter der Zeinger Bruchzone. — Ecl. geol. Helv., **21**, 1928.
65. SPRECHER, CHR.: Beitrag zur Kenntnis der Querstörung Mollens-Vallorbe-Pontarlier. — Diss. Bern, 1917.
66. STEINMANN, G.: Bemerkungen über die tektonischen Beziehungen der oberrheinischen Tiefebene zu dem nord-schweizerischen Kettenjura. — Ber. d. Naturf. Ges. zu Freiburg i. Br., **6**, 1892.
67. SUTER, H.: Geologische Untersuchungen in der Umgebung von Les Convers-Vue des Alpes (Ct. de Neuchâtel). — Diss. Zürich (Noske, Borna-Leipzig), 1920.
68. — Geologische Beschreibung der Kartengebiete von Les Bois und St-Imier im Berner Jura. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **72**. Liefg., 1936.
69. THURMANN, J.: Essais sur les soulèvements jurassiques. — 1: Strasbourg, 1832; 2: Porrentruy, 1836.
70. — Esquisses orographiques de la chaîne du Jura. — Porrentruy, 1852.
71. — et ETALLON, A.: Lethea Bruntrutana ou études paléontologiques et stratigraphiques sur le Jura bernois. — Neue Denkschr. d. Schweiz. Naturf. Ges., **XVII**, 1861—1863.
72. VONDERSCHMITT, L.: Die geologischen Ergebnisse der Bohrungen von Hirtzbach bei Altkirch (Ober-Elsass). — Ecl. geol. Helv., **35**, 1, 1942.
73. WAIBEL, A.: Geologie der Umgebung von Erschwil. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **55**. Liefg., 1925.
74. WILSER, J. L.: Die Entwicklungsstadien des südlichen Rheintalgrabens. — Neues Jahrbuch f. Min. etc., Beil.-Bd. **52**, 1929.

### Zitierte Karten

75. 1898 L. ROLLIER: Carte géologique d'Asuel 1 : 25 000. — Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F., **8**. Liefg.
76. 1900 — Carte tectonique des environs de Bellelay, 1 : 25 000. — Geol. Karte d. Schweiz, Spezialkarte Nr. 24.
77. 1902 T. RITTENER: Carte de la Côte-aux-Fées et des environs de Ste-Croix et Baulmes, 1 : 25 000. — Geol. Karte d. Schweiz, Spezialkarte Nr. 30.
78. 1904 Geologische Karte der Schweiz, 1 : 100 000, Blatt VII, 2. Aufl. von L. ROLLIER und E. KISSLING, herausg. von d. Schweiz. Geol. Kommission.
79. 1930 Geologischer Atlas der Schweiz 1 : 25 000, Nr. 1, Movelier-Soyhières-Delémont-Courrendlin, von W. T. KELLER und H. LINIGER, herausg. von d. Schweiz. Geol. Kommission.
80. 1934 Carte géologique de la France, 1 : 50 000, F. FERRETTE, par D. SCHNEEGANS, etc. Editée par le serv. carte géol. d'Alsace et de Lorraine, Strasbourg.
81. 1935 Geol. Atlas d. Schweiz, 1 : 25 000, Nr. 5, Mont-la-Ville-La Sarraz-Montricher-Cossonay, von D. AUBERT und W. CUSTER.
82. 1936 Geol. Atlas d. Schweiz, 1 : 25 000, Nr. 3, Laufen-Bretzwil-Erschwil-Mümliswil, von R. KOCH, E. LEHNER, M. MÜHLBERG, A. WAIBEL.
83. 1942 Geol. Generalkarte d. Schweiz, 1 : 200 000, Blatt 2, Basel-Bern, bearbeitet unter Leitung von A. BUXTORF durch P. CHRIST. Herausg. von d. Schweiz. Geol. Kommission.
84. 1944 Geol. Generalkarte d. Schweiz, 1 : 200 000, Blatt 1, Neuchâtel.
85. 1946 Geol. Atlas d. Schweiz, 1 : 25 000, Nr. 15, Biaufond-Les Bois-La Ferrière-St-Imier, von PH. BOURQUIN, H. SUTER, P. FALLOT.

## Bemerkungen zu den Tafeln

Den beigegebenen Tafeln I–III liegt die Kartierung auf der Topographie des Blattes St-Ursanne (Bl. 91) des «Plan d'ensemble 1 : 10 000» des kantonalen Katasteramtes in Bern zugrunde.

### Tafel I: Tektonische Karte des Gebietes von Siegfriedblatt St-Ursanne

Sie stellt eine vereinfachte Wiedergabe der geologischen Kartierung dar. Insbesondere wurden die Abgrenzungen zwischen Anstehendem und Quartärbildungen (Alluvionen und Gehängeschutt) sehr schematisch durchgeführt. Nur grössere Schuttkomplexe und solche, die wichtige tektonische Störungen überdecken, wurden ausgeschieden. Zur Darstellung gelangten auch grössere Sackungsmassen. Um einen Vergleich mit dem Text und mit topographischen Karten zu erleichtern, sind die Ortschaften und geologisch wichtige Lokalitäten und Fixpunkte eingetragen worden.

### Tafel II: Profilerie durch das Gebiet von Siegfriedblatt St-Ursanne

Wegen des mehrfachen Wechsels im Streichen der Schichten ergaben sich für die Darstellung der Tektonik mittels Profilen einige Schwierigkeiten. Durch wiederholte Abwinkelung der Profiltrassen könnte zwar erreicht werden, dass die Mehrzahl der Falten und Störungsflächen senkrecht geschnitten wird. Doch würde diese Darstellungsart die Übersichtlichkeit und die Vergleichbarkeit der Profile verringern. Wegen der sich kreuzenden Brüche und Überschiebungen wären überdies auch auf diesem Wege schiefe Schnitte nicht zu vermeiden, und deshalb wurde die Darstellung einer Serie von im N äquidistanten Parallelprofilen gewählt. Wegen der Häufigkeit des NE–SW-gerichteten Streichens erhielten sie ungefähr NW–SE-Richtung, ausserdem musste — vor Eintritt in den SE-Schenkel der Caquerelle-Kette — eine leichte Abwinkelung gegen E zu ausgeführt werden.

Besonders schwierig aus den Profilen abzulesen ist das Verhältnis der sich kreuzenden Brüche und Überschiebungen. Zum Verständnis der Profile 4 bis 10 ist es deshalb notwendig, die Tafeln I und III vergleichsweise beizuziehen und sich vor Augen zu halten, dass in diesen Profilen eine gegenseitige Beeinflussung von Brüchen und Überschiebungen in dem Sinne zur Darstellung gelangt, dass die Überschiebungen an den präexistierenden Brüchen B 3 und B 5 aufhören.

Die Profile 1 bis 3, welche den S-Schenkel der Vorburg-Kette darstellen, bilden eine gesonderte Serie mit eigener Richtung, sind also nicht direkt mit den übrigen Profilen vergleichbar.

### Tafel III: Strukturkarte der Gegend von St-Ursanne

Querverbiegungen und axiale Unregelmässigkeiten sind aus den Tafeln I und II nur mit Mühe oder überhaupt nicht ablesbar. Es schien deshalb angezeigt, eine kontinuierliche Darstellung der tektonischen Verhältnisse zu versuchen, die die Beziehungen auch kleiner Unregelmässigkeiten zu ihrer Umgebung zu erkennen gestattet. Am geeignetsten für diesen Zweck schien die Isobathenkarte einer im Felde weithin und gut verfolgbaren Grenzschicht. Eine grössere Schwierigkeit bot die ausgeprägte Disharmonie der Faltung. Um die ohnehin an mancher Stelle hypothetische Konstruktion nicht allzuweit von der direkten Feldbeobachtung zu entfernen, musste für die Gebiete, die grösstenteils bis zum Dogger entblösst sind, eine andere Grenzfläche benutzt werden als für jene, in welchen der Malm zur Hauptsache erhalten ist. Gewählt wurde für den Malm die Grenzfläche Rauracien/Plattige Kalke, für den Dogger die Grenzfläche Hauptrogenstein/Calcaire roux.

Aus den Relikten der Malmüberschiebungen, die fast durchwegs flache Schichtlage zeigen, wurde gefolgert, dass die Scheitelhöhe der Caquerelle-Antiklinale bei Chez Basuel–Chez Danville durch einige Aufschiebungen in den dabei nur leicht verbogenen Schichten erreicht worden sei. Der Konstruktion darf also in diesem Gebiet nur hypothetischer Wert beigelegt werden. Wesentlich schien mir, das Verhältnis der Brüche zur Faltung den Feldbeobachtungen entsprechend darzustellen.

Bei der Störung von Montmelon wurde angenommen, die Störungsfläche habe in den abgetragenen Schichten ein steiles Einfallen nach SE aufgewiesen. Deshalb wurde die Störungslinie auf Tafel III gegenüber der im Felde tatsächlich beobachteten Ausbisslinie etwas nach NW verschoben.

Bei La Gysièrè endlich, wo die beiden Doggerbrüche B 8 und B 9 im Lias durch einen einzigen Bruch ersetzt werden, wurde der Doppelbruch gegen NE beibehalten.

## Einleitung

Dem Kartengebiet St-Ursanne kommt sowohl morphologisch als geologisch besondere Bedeutung zu. Wie aus Tafel I und Fig. 1 (S. 18) ersichtlich ist, fällt der E-Teil des Gebietes noch in den Bereich des Delsberger Beckens, das gegen N von der Vorburgkette begrenzt wird. Der W-Rand des Beckens wird von der auffällig NNE-SSW verlaufenden, schief zum Streichen der benachbarten Juraketten gerichteten Caquerelle-Kette gebildet. Diese ist zugleich Wasserscheide zwischen Birs und Doubs, d. h. zwischen Rhein und Rhone. Sie riegelt gegen E das Doubstal ab, das hier die Schlinge von St-Ursanne bildet.

Westlich der Caquerelle-Kette setzen die Juraketten wieder in geschlossener Folge ein. Ihre Streichrichtung ist hier wieder vorherrschend W-E, wobei sich allerdings zahlreiche lokale Abweichungen einstellen. In der vorliegenden Arbeit soll versucht werden, für all die erwähnten Eigentümlichkeiten eine Erklärung zu finden, ausgehend von der geologischen Geschichte der Gegend.

### Bisherige Untersuchungen

Die Gegend von St-Ursanne gehört zu den ältesten Forschungsgebieten der Jurageologie. Im besonderen schenkte J. THURMANN ihr grösste Beachtung (Lit. 69-71). Namentlich den stratigraphischen und paläontologischen Verhältnissen wurde grosse Aufmerksamkeit zuteil (THURMANN, Lit. 71; GREPPIN, Lit. 27; KOPY, Lit. 34; ROLLIER, Lit. 53, 56-59). Die Erforschung des Gebirgsbaus beschränkte sich lange Zeit auf die Feststellung der Gewölbe und Muldenzüge (besonders J. THURMANN, Lit. 69, 70; J. B. GREPPIN, Blatt VII der Geologischen Dufourkarte der Schweiz 1:100 000, 1. Auflage).

Einige wichtige Beobachtungen ergaben sich beim Bau des Tunnels von Glovelier und desjenigen von La Croix, von denen der erste ganz auf das Kartengebiet St-Ursanne entfällt, der zweite wenigstens mit seiner Südhälfte. Ihre geologische Untersuchung wurde vom Geometer F. MATHEY durchgeführt, der sich nebenbei auch mit Problemen der Jurageologie befasste und, gestützt auf die Tunnelbefunde, als erster auf die disharmonische Faltung zwischen Malm und Dogger hinwies (1883, Lit. 43). Darüber hinaus lassen sich einige der Aufzeichnungen MATHEYS als wertvolle Ergänzungen zu den Beobachtungen an der Oberfläche auch heute noch verwenden. Freilich haben neue Untersuchungen ergeben, dass speziell seine tektonische Deutung des Tunnels von La Croix den tatsächlichen Verhältnissen nicht entspricht (Lit. 32).

Die von L. ROLLIER für die Neuaufnahme von Blatt VII der geologischen Dufourkarte ausgeführten Revisionen ergaben auch für das Gebiet von St-Ursanne manche neue Feststellung. Besonders gelang ROLLIER der Nachweis bruchartiger Störungen in der Gegend von La Caquerelle (Lit. 57, 78). Diese konnten dann nach den Untersuchungen der N und E benachbarten Gebiete (Lit. 26, 39) von H. LINIGER und A. WERENFELS in einen grösseren tektonischen Zusammenhang gebracht werden (Lit. 41).

Detaillierte Darstellungen gewisser Teile des Untersuchungsgebietes stammen aus der jüngsten Zeit. So streift die Karte des Mont Terri-Gebietes von P. KELTERBORN (Lit. 32) gerade noch den N-Rand des Blattes St-Ursanne. Auch bei dieser Untersuchung wurden neue tektonische Komplikationen festgestellt.

Endlich erbrachten besonders eingehende nicht veröffentlichte Aufnahmen von Prof. A. Buxtorf und Prof. L. Vonderschmitt im Clos du Doubs zwischen Châtillon und Bellefontaine den Beweis mannigfacher Unregelmässigkeiten im hier scheinbar einfachen Bau der Clos du Doubs-Kette.

Wie eingangs erwähnt, sind die stratigraphischen Verhältnisse der Gegend von St-Ursanne durch frühere Untersuchungen weitgehend abgeklärt. Der stratigraphische Teil der vorliegenden Arbeit umfasst deshalb neben einem mehr allgemein gehaltenen Überblick nur einige ergänzende Detailbeobachtungen. Verbleibende spezielle Probleme müssen wohl auf dem Wege des regionalen stratigraphischen Vergleichs gelöst werden. Dagegen forderte die Tektonik eine ins einzelne gehende Untersuchung.

Die folgenden Darlegungen befassen sich daher hauptsächlich mit tektonischen Problemen.

---

## A. Stratigraphie

### I. Trias

#### 1. Keuper

Im Untersuchungsgebiet tritt Keuper nur im Kern der Mont Terri-Kette an die Oberfläche. Dabei fehlen gute Aufschlüsse; insbesondere lässt sich über den Grenzbezirk Keuper-Lias und das eventuelle Auftreten von Rhätsandsteinen nichts Näheres aussagen (vgl. Lit. 9). Nach F. MATHEY wurde im Glovelier-Tunnel (Kern der Caquerelle-Kette) unter dem charakteristischen Rhät-Bonebed der oberste Keuper angefahren, bestehend aus einer Folge von Mergeln und Sandsteinen und auffallenderweise auch Gips führend. In dieser Hinsicht besteht eine Analogie zum Befund in der Bohrung Hirtzbach Hz. P. 10 (Lit. 72).

### II. Jura

#### 1. Lias

##### a) Unterer und mittlerer Lias

Auch die Lias-Aufschlüsse sind auf das Kerngebiet der Mont Terri-Kette beschränkt. Bei Les Effougelles NW Outremont lässt sich in einem Bachanriss [Koordinaten 247,85/578,27] ein gutes Profil aufmessen, an dessen Basis ca. 2,50 m Gryphitenkalk auftreten: dunkelgraue spätige Kalke mit Gryphaeen und Arietiten. Sie werden überlagert von ca. 25 m grauer Mergel mit bald chaillenartigen, bald kompakten grauen Kalkbänken. Darüber folgen die bituminösen Posidonienschiefer (ca. 18 m), in welche auch einige Stinkkalk-Bänke eingelagert sind. Den Abschluss bilden schlecht aufgeschlossene blaugraue Mergel.

Der Lias von Mont Terri war während des Krieges 1939–1945 wegen seiner bituminösen Schiefer Gegenstand eingehender geologischer Untersuchungen, die von P. KELTERBORN ausgeführt wurden. Die Ergebnisse dieser Arbeiten, besonders das oben in grossen Zügen wiedergegebene Profil von Les Effougelles, sind jetzt veröffentlicht in den «Beiträgen zur Geologie der Schweiz, Geotechnische Serie, 26. Lieferung», unter dem Titel «Die bituminösen Schiefer der Mont-Terri-Antiklinale (Berner Jura)», von E. RICKENBACH.

Auffallend am Lias von Mont Terri ist die geringe Mächtigkeit der Gryphitenkalke, die ansehnliche Mächtigkeit der Posidonienschiefer sowie deren morphologische Erscheinung als deutliche Geländekante; gegenüber den hangenden Opalinustonen leisten sie der Erosion stärkeren Widerstand.

##### b) Opalinustone

Unverwitterte Opalinustone sind selten aufgeschlossen. Sie sind oberflächlich stets verlehmt und verrutscht und meist mit Schutt bedeckt. Ein winziger Anriss in dunkelgrauen glimmerreichen Mergeln bei Les Effougelles sowie ähnliche verschwemmte Mergel in der Combe von Le Chaudiron (SSW Montmelon) im Kerngebiet der Caquerelle-Kette geben allein direkten Aufschluss über die Ausbildung dieser Schichten. Über grössere Strecken hin wurden sie dagegen beim Bau der Tunnel von Glovelier und La Croix durchfahren. Ihre Mächtigkeit mag etwa 80 m betragen, schwankt indessen aus tektonischen Gründen.

## 2. Dogger

Den Dogger des Untersuchungsgebietes habe ich nach lithologischen Merkmalen gegliedert in: *a)* unteren Dogger, *b)* Haupttrogenstein, *c)* Calcaire roux sableux und Callovien-Tone, *d)* Dalle nacree, *e)* Fer sous-oxfordien.

Über die einzelnen Stufen gilt kurz folgendes:

### a) Unterer Dogger

(oberes Aalénien bis unteres Bajocien; 50 bis 60 m)

Der untere Dogger besteht aus eisenschüssigen dunkeln Kalken mit häufigen und z. T. ziemlich mächtigen mergeligen Zwischenlagen. Er fällt deshalb leicht der Verwitterung anheim; gut aufgeschlossene Profile sind daher selten. Besonders der Übergang zum hangenden Haupttrogenstein liegt stets unter Schutt und wird nur durch künstliche Aufschlüsse und stetig erodierende Bäche freigehalten.

Ein gutes Detailprofil — aber schon auf Blatt Miécourt liegend — lässt sich am Steilabbruch gegen den Lias-Keuper-Kern der Mont Terri-Kette bei Sous les Roches (NE Outremont [248,3/580,3]) aufmessen. Vom Älteren zum Jüngeren, d. h. von unten nach oben, sind hier aufgeschlossen:

- a)* 6,0 m 30 bis 40 cm mächtige Bänke dunkelgrauer, rostig anwitternder spätiger Kalke, wechsellagernd mit dunkelgrauen glimmerführenden Mergeln. In den tieferen Bänken z. T. mit *Cancellophycus*, in den mittleren Lagen mit Seeigelstacheln, Austern, Belemniten, Pectiniden.
- b)* 0,6 m glimmerführende dunkelgraue Mergel.
- c)* 1,0 m Kalkbank wie unten, mit dünner mergeliger Zwischenlage. Sehr fossilreich. Harpoceraten (bes. *Ludwigia*), Cardinien u. a. — *Murchisonae*-Schicht.
- d)* 5,5 m Mergel.
- e)* 1,0 m Kalkbank.
- f)* 4,5 m Kalkbänke von 20–25 cm, wechsellagernd mit Mergelschichten von 2–10 cm.
- g)* 3,1 m durchschnittlich 30 cm mächtige Mergel- und Kalkschichten in Wechsellagerung.
- h)* 0,9 m Kalkbank mit einzelnen Mergellamellen.
- i)* 0,9 m Mergelschicht.
- k)* 11 m wulstig gebankte Kalke (Bänke ca. 80 cm).

Eine ähnliche Ausbildung des unteren Doggers ist auch für das Gebiet der Caquerelle-Kette anzunehmen; dafür sprechen vereinzelte kleine Aufschlüsse und die Beschaffenheit des Schuttes.

### b) Haupttrogenstein

(oberes Bajocien bis unteres Bathonien; 110–130 m)

#### 1. Unterer Haupttrogenstein (oberes Bajocien; 70–90 m):

Am besten ist der Übergang von den eisenschüssigen, sandigen, mit Mergellagen wechselnden Schichten des unteren Doggers zum kompakten hellen Haupttrogenstein im Bachgraben W Le Grenier (SSW La Caquerelle [246,5/582,1]) aufgeschlossen. Überschoben auf unteren Haupttrogenstein lässt sich hier in normaler Serie folgendes Profil feststellen:

Unterer Dogger (wohl unteres Bajocien):

- a)* 7,50 m eisenschüssige braune bis graue Mergel und Mergelkalke in Wechsellagerung (Mächtigkeit der Bänke: 10–30 cm).
- b)* 2,50 m kompakte Kalkbank: grau, hart, feinkörnig, quarzreich.
- c)* 1,50 m Mergel.
- d)* 0,40 m Breccie aus Kalkbrocken.
- e)* 1,0 m Mergel bis Mergelkalk.

Haupttrogenstein:

- f)* 1 m Kalk, hauptsächlich aus Schalenresten bestehend, z. T. mit feinkörniger rostbrauner Grundmasse und verkieSELten Korallen.
- g)* 0,30 m oolithische bis feindrecciose Kalkbank mit reichlich *Pseudomonotis echinata* Sow.

Darüber folgt der kompakte Haupttrogenstein (ca. 130 m).

Die Korallen sind hier im unteren Hauptrogenstein viel spärlicher als im S-Schenkel der Mont Terri-Kette, wo sich an der Strasse Les Malettes-Cornol (Blatt Miécourt [Koord. 249,1/582,3]) folgendes Profil feststellen lässt:

Als Ältestes zeigt sich wie im oben beschriebenen Profil eine Wechsellagerung eisenschüssiger Kalkbänke mit Mergellagen (unterer Dogger), deren obere durch gelbbraune Farbe ausgezeichnet sind. Darüber folgt der Hauptrogenstein.

- a) 2 m Mergel mit Korallenknauerbänken (10 bis 15 cm).
- b) 0,60 m unregelmässig geschichtete Kalkbank mit Lagen krustenförmiger Korallen.
- c) 1,65 m dunkel blaugrauer knaueriger Kalk, dicht mit rostig umrandeten Löchern. Basis der vom Hauptrogenstein gebildeten Steilstufe.
- d) 4,70 m wulstige Lagen kalzitisierte Korallen, mit dünnen mergeligen Zwischenlagen (*Pecten dewalquei* OPPEL, Seeigelstacheln).
- e) 11,50 m heller mittelkörniger Rogenstein. Kreuzschichtung.
- f) 1,50 m Lagen von Korallenkrusten, umhüllt von dunkelgrauen kalkigen Mergeln. Brachiopoden.

Die in dieser Schicht gesammelten Brachiopoden wurden von Prof. F. LIEB wie folgt bestimmt:

*Zeilleria spec. A* ROCHÉ.

*Heimia walkeri* ROLLIER (alle unausgewachsen; Zwergfauna).

*Rhynchonella cf. palmaeformis* ROCHÉ.

*Rhynchonella langleti* CHAPUIS et DEWALQUE.

*Rhynchonella quadriplicata* ZIET.

Nach der Ansicht von Herrn Prof. LIEB deutet diese Fauna mit grosser Wahrscheinlichkeit auf die Humphriesi-Schichten.

- g) 12,30 m Rogenstein. Einzelne Bänke sind vorwiegend aus Schalenresten aufgebaut (z. T. Echinodermenbreccie).
- h) 0,50 m Korallenkrusten.

Auch höher oben in der kompakten Hauptrogenstein-Serie treten Korallenlagen auf. Ein gutes Profil des korallenführenden oberen Bajocien liefern die alten Schützengräben auf dem Kamm von Sur la Montagne de Sceut [242,6/579,7]. Über mehreren Metern schlecht aufgeschlossener Rogensteine folgen hier:

- a) 0,70 m dunkel graublau, rostig durchfleckte, etwas spätige knauerige Kalkbänke mit herausgewitterten, etwas silifizierten Brachiopoden und Korallenresten.
- b) 0,80 m ähnliche chaillenartige Korallenkrusten und Kalke.
- c) 1,30 m kompakte Bänke mit kalzitisierten Korallen und Kalken wie oben.
- d) 1,80 m Kalkknauerlagen wie oben, mit herauswitternden silifizierten Bruchstücken von Korallen, Seeigelstacheln und Brachiopoden.

Die hier gesammelten Brachiopoden gehören nach Prof. F. LIEB zu folgenden Arten:

*Rhynchonella (Cardinirhynchia) davidsoni*, CHAPUIS et DEWALQUE, zahlreich.

*Rhynchonella minor* QUENSTEDT, z. T. mit Affin. zu *Rh. acuticosta* QUENSTEDT.

*Terebratula (Sphaeroidothyris) arcelini* ARCELIN et ROCHÉ.

*Heimia walkeri* ROLLIER.

*Rhynchonella spec. A* ARCELIN et ROCHÉ, mit etwas weniger Rippen.

*Rhynchonella quadriplicata* ZIET.

*Terebratula ventricosa* und aff. *ventricosa* HARTMANN (in Fig. ARCELIN et ROCHÉ).

*Rhynchonella langleti* CHAPUIS et DEWALQUE.

Unter diesen Arten sind besonders *Rh. davidsoni* und *Rh. quadriplicata* typisch für die Humphriesi-Schichten.

- e) 7,70 m gutgebankter weisslicher Rogenstein (Ooide meist kleiner als 0,3 mm). Keine Korallen.
- f) 0,70 m Krusten kalzitisierte Korallen mit Pectiniden, Austern und Brachiopoden.
- g) 0,60 m Schutt.
- h) 6,30 m Korallenlagen, z. T. zu härteren Bänken zusammengefasst. Pectiniden, Austern, Brachiopoden. Darüber folgt gut gebankter Rogenstein (Ooide kleiner als 0,5 mm) mit eingestreuten grösseren Schalenresten.

Jüngere Schichten sind an dieser Stelle nicht aufgeschlossen, sie finden sich aber etwas weiter NE, auf dem gleichen Kamm und führen ebenfalls Anhäufungen von Korallen.

Nach diesen Untersuchungen lassen sich im Bajocien zwei faziell ganz verschiedene Serien unterscheiden: eine untere, welche aus eisenschüssigen Kalken und Mergeln besteht, und eine obere, die sich aus Rogenstein und koralligen Kalken zusammensetzt. In südlich und östlich benachbarten Jura-gebieten (z. B. Blatt Undervelier, Creux du Vorbourg) konnte bei der Kartierung die Grenze zwischen unterem Dogger und Hauptrogenstein über den mergelig-knolligen Blagdenischichten gezogen werden.

Eine derartige Einteilung liess sich aber im Untersuchungsgebiet nicht durchführen, weil hier die Blagdeni-Schichten und auch ihr Liegendes (Humphriesi- und obere Sauzei-Schichten) koralligene

und kalkige Ausbildung zeigen. Dabei stütze ich mich auf die Beurteilung der Brachiopodenfauna durch Prof. F. LIEB (vgl. auch L. ROLLIER, Lit. 59).

Östlich und westlich von Outremont finden sich im unteren Hauptrogenstein eiförmige bis kugelige Silixknollen von mehreren Zentimetern Durchmesser, eingelagert in helle dichte Kalke. Diese Kalke dürfen nicht verwechselt werden mit der bekannten Pierre blanche, die weiter S den Hauptrogenstein gegen die Variansschichten abschliesst.

## 2. Acuminataschichten (ca. 10 m):

Über dem unteren Hauptrogenstein treten E Outremont Lumachellenlagen auf, die allmählich in die Acuminatamergel überleiten. Diese bestehen, wenn unverwittert, vorwiegend aus grauen Mergeln, die teilweise durchzogen sind von Knauerlagen aus Lumachelle. Gute Aufschlüsse sind freigelegt am Weg zwischen Outremont und Les Malettes. Die Mergel sind im unteren Teil sehr fossilreich und lieferten folgende von Prof. F. LIEB bestimmte Brachiopodenfauna:

E Outremont [579,9/247,85].

*Rhactorhynchia subtetrahedra* DAV.

*Rhactorhynchia bajociana* d'ORBIGNY.

*Kallirhynchia sesleyensis* RICHARDSON & UPTON.

*Rhactorhynchia sublacunosa* SZAJNOCHA.

*Stiphrothyris* cf. *cotteswoldensis* BUCKMAN.

*Ptyctothyris Stephani* (pars mit Affin. zu *Pt. helena* BAYLE und *Pt. latifrons* BAYLE).

*Terebratula (Euidothyris) lissajousi* ROCHÉ.

*Aulacothyris fallax* ROCHÉ.

*Zeilleria darestei* ROCHÉ.

*Zeilleria* mit Affin. zu *Zeilleria waltoni* DAV., Schnabel gebogener, Stirnrand etwas zugespitzt.

NE Sur la Croix [247,5/577,8]:

*Rhactorhynchia tumefacta* BUCKMAN.

*Rhactorhynchia* cf. *subtetrahedra* DAV.

*Rhactorhynchia* cf. *sublacunosa* SZAJNOCHA.

*Rhactorhynchia* cf. *rochei* LIEB.

*Rhynchonella* spec. D ROCHÉ.

*Terebratula (Epithyris) lentiformis* UPTON.

*Stiphrothyris cotteswoldensis* BUCKMAN.

*Ptyctothyris stephani* DAV.

*Ptyctothyris latifrons* BAYLE.

*Aulacothyris opima* ROCHÉ.

*Zeilleria darestei* ROCHÉ.

*Heimia walkeri* ROLLIER.

Im allgemeinen wird die Grenze zwischen Bajocien und Bathonien an die Basis der Acuminataschichten gelegt, ohne dass bis jetzt ein Beweis durch Fossilien erbracht worden wäre. Vielmehr sollte nach F. LIEB (Lit. 38) auf Grund der Brachiopodenfauna die Grenze höher oben, innerhalb des oberen Hauptrogensteins gezogen werden.

## Oberer Hauptrogenstein (20—30 m):

Über den Acuminatamergeln folgen E Outremont mit ziemlich schroffem Wechsel in der lithologischen Beschaffenheit:

- a) 6,30 m Rogenstein mit Kreuzschichtung.  
— Angebohrte, z. T. mit Austern besiedelte und von Limonit überkrustete Omissionsfläche (= Verhärtungsfläche; vgl. Lit. 33, 60).
- b) 1,20 m kalkige Mergel mit Knauern von Mergelkalk.
- c) 4,70 m Rogenstein mit Kreuzschichtung; Rogensteinlagen wechseln regelmässig mit Lumachellenlagen.
- d) 1,40 m Mergel mit Knauerlagen.
- e) 0,70 m Echinodermenbreccie und Lumachellenbänke.
- f) 1,20 m Mergel mit bröckeligen Knauern.
- g) 3,30 m Lumachelle, gegen oben in Oolith übergehend.  
— Angebohrte, von Limonit überkrustete Omissionsfläche.
- h) 1,30 m weissliche mergelige Kalke mit oolithischen Nestern.
- i) 0,50 m Rogenstein.
- k) 0,60 m ziemlich dichte weissliche Kalke (Pierre blanche des S und W Juras).  
— Angebohrte, von Limonit überkrustete Omissionsfläche.
- l) 1,30 m Oolith mit Einzelkorallen (*Anabacia*) und kleinen Seeigeln.

Die obersten Bänke des Hauptrogensteins und der Übergang zum Calcaire roux liegen hier unter Schutt verborgen.

Die einzelnen, dem oberen Hauptrogenstein eingeschalteten Mergellagen lassen sich nicht über grössere Strecken hin verfolgen. Nach Beobachtungen bei Les Malettes scheinen sie seitlich in Lumachellen- und Rogensteinbänke überzugehen, während diese andernorts wieder durch Mergel ersetzt sein können. Über die Konstanz der Omissionsflächen kann nichts Bestimmtes ausgesagt werden. Sie leiten meist einen neuen Kleinzyklus der Sedimentation ein (Lit. 33, 60) und sind deshalb gewöhnlich durch Mergel überlagert, welche durch Rutschungen die liegenden Schichten überdecken.

### c) Calcaire roux sableux und Callovientone

(oberes Bathonien bis unteres Callovien; ca. 20 m)

Wie sich mancherorts beobachten lässt (z. B. N Les Malettes, W Grangeattes [248,1/580,4], bei le Bosnier [243,95/580,7]), folgen über der angebohrten Oberfläche des oberen Hauptrogensteins die Basismergel des Calcaire roux. Gute Aufschlüsse fehlen aber im Untersuchungsgebiet. Im benachbarten Kern der Synklinale zwischen Mont-Terri- und Vorburg-Kette an der Landstrasse N Les Malettes (Bl. Miécourt [248,9/582,2]) ist folgendes Profil angeschnitten:

Auf angebohrter Oberfläche des oberen Hauptrogensteins folgt der Calcaire roux, und zwar:

- a) 8,0 m gelbe Mergel mit wenigen Knauern.
- b) 0,25 m Kalkbank (Beschaffenheit s. unten).
- c) 2,50 m Mergel mit kleineren Chaillen.
- d) 4,70 m Wechsellagerung von Mergeln und Kalken.
- e) 2,0 m Kalkbänke mit dünnen mergeligen Zwischenlagen.
- f) 1,50 m Wechsellagerung von Mergeln und Kalken.

Jüngere Schichten sind abgetragen worden. Es finden sich dagegen an der Strasse Outremont-Les Malettes [248,35/581,25] Anzeichen grauer Tone, die vermuten lassen, dass im Hangenden die üblichen ca. 4 m mächtigen Callovientone auftreten.

Die Kalkbänke des Calcaire roux sind gelbbraun, auf frischem Bruch oft graublau, lumachellös bis feimbreciös, mit grösseren Schalenresten.

Zwischen dem Hauptrogenstein und der Dalle nacrée bildet der Calcaire roux in der Landschaft eine verlehnte Combe, aus der die etwas kompaktere Kalkbank (Bank e des oben beschriebenen Profils) meist herausragt. Diese Bank erlaubt den Nachweis kleiner tektonischer Verstellungen.

### d) Dalle nacrée und Fer sous-oxfordien (oberes Callovien; 30—40 m)

Der Übergang zwischen Callovientonen und Dalle nacrée ist nirgends aufgeschlossen. Die Dalle nacrée besteht an der Basis aus gelblichgrauen, feinoolithischen bis feimbreciösen Kalken, geht aber bald in die typische dünnplattige Echinodermenbreccie über. Im mittleren Teil zeigen die Schichtflächen z. T. konkretionäre Wülste, wodurch eine Verzahnung der Platten entsteht. Die Plättchen erscheinen auf frischem Bruch durch Verkieselung oft weiss. Die obersten Bänke sind besonders grobspätig und bestehen grossenteils aus ganzen Pentacrinus-Stielgliedern. Durchwegs herrscht starke Kreuzschichtung.

Östlich Les Grangeattes (Blatt Miécourt, zwischen Outremont und Les Malettes) sind am Wegbord, im Hangenden der Dalle nacrée, kalkig-mergelige Schichten aufgeschlossen, die etwas Eisenoolith und reichlich die für oberes Callovien charakteristischen Ammoniten (*Perisphinctes*, *Hecticoceras*, *Reineckeia*, *Peltoceras*) führen. Ihre Mächtigkeit dürfte, nach grober Schätzung, ca. 1 m betragen. Sie entsprechen dem Fer sous-oxfordien (Anceps-Athleta-Schichten), das auf dem Clos du Doubs früher abgebaut wurde. (Bei Es Minera, SW Montenol, sind noch die Spuren von Schürfungen zu sehen.) Das Fer sous-oxfordien verrät seine Anwesenheit auch sonst durch Stücke von Eisenoolith, grössere Brauneisenkonkretionen oder Ammoniten (südlich Plain du Noyer, zwischen Tariche und Montmelon, s. Tafel I).

### 3. Malm

Während der untere Teil der Malmserie (Oxfordien bis mittleres Séquanien) eine gute lithologische Gliederung erlaubt und nur in der stratigraphischen Zuordnung der zwischen Rauracien und Séquanien sich einschaltenden plattigen Kalke Unsicherheit besteht, ist der eintönige, über 150 m mächtige Kalkkomplex des oberen Malms (oberes Séquanien und Kimmeridgien) viel schwieriger zu gliedern. Dadurch ergeben sich bei der Kartierung einige Unsicherheiten.

#### a) Oxfordien (ca. 80 m)

Das Oxfordien ist nirgends durchgehend aufgeschlossen, doch hält sich seine Ausbildung ganz im Rahmen der üblichen Unterteilung in Renggeritone und Terrain à chailles.

Renggeritone: Ein guter Aufschluss findet sich im Plain du Noyer [243,35/578,75] mit zahlreichen pyritisierten Fossilien, namentlich kleinen Ammoniten.

Terrain à chailles: Gute Aufschlüsse an der Strasse St-Ursanne-Montmelon (S-Schenkel der Clos du Doubs-Antiklinale) und am Steilhang gegen das Gros Essert SW Montenol.

Im oberen Teil sind die in den Chailles enthaltenen Fossilien häufig verkieselt, ähnlich wie im darüber folgenden Glypticien. Aus tektonischen Gründen schwankt die Mächtigkeit des Oxfordien wie andernorts. Sie dürfte normalerweise ca. 80 m betragen.

#### b) Rauracien (ca. 90 m)

##### Unteres Rauracien (Glypticien) (20 m)

Die Basis des Rauracien wird gebildet durch eine ca. 20 m mächtige Folge wulstig gebankter dunkelgrauer Kalke (oft mit Millericrinus-«Wurzelstöcken») und krustiger Korallenbänke, die mit dünneren Mergel- und Mergelkalklagen wechseln. Die meist verkieselten Fossilien und Schalenrümmer wittern aus den Kalken heraus und zeigen weisse Farbe. Gute Profile: an einem Holzerweg über dem Plain du Noyer [243,5/579,1], am Steilabbruch SW Montenol, E Montruesselin [244,75/581,8], zwischen La Caquerelle und Combe Chavat [247,3/582,4] (besonderer Reichtum an verkieselten Korallen, vgl. F. Koby: Monographie des polypiers jurassiques de la Suisse, Mém. Soc. pal. Suisse, Vol. VII à XVI.

##### Mittleres Rauracien (ca. 50 m)

Im Osten des Untersuchungsgebietes umfasst das mittlere Rauracien eine vorwiegend oolithische Kalkfolge von ca. 50 m Mächtigkeit. Im unteren Teil ist das Korn auffällig grob (bis 5 mm: *Oolithe pisi-forme* ROLLIER). E der Combe Chavat finden sich eigentliche Mumienbänke (Ooide bis 2 cm!). Verkieselungen sind hier noch häufig. Auch Bänke von Echinodermenbreccie schalten sich ein (N Montavon, bei Montruesselin). Vom Hauptrogenstein unterscheiden sich alle diese Oolithe meist gut durch ihre fast weisse Farbe, das gröbere Korn und oft auch durch die Kalzitisierung des Bindemittels zwischen den einzelnen Ooiden.

Bei Montruesselin SE Montmelon treten die Oolithe ganz zurück. Im Bachgraben W La Seigne dessous, SW Montmelon, ist das ganze mittlere Rauracien als fast dichter Kalk entwickelt, im unteren Teil als klotziger, harter Korallenkalk, der noch einige Verkieselungen aufweist. Gegen oben treten die Korallen zurück; die Kalke werden kreidiger und weicher.

##### Oberes Rauracien ca. 20 m

Das klassische Profil für das obere Rauracien des Untersuchungsgebietes liefert der Steinbruch beim Bahnhof St-Ursanne. Hier werden in flach liegenden Schichten ca. 20 m mächtige weiche, weisse, kreidige Kalke in grossen Stollen abgebaut. Die Kalke sind sehr rein; der Gehalt an  $\text{CaCO}_3$  schwankt in den Analysen zwischen 99,4 % und 99,8 %. Der reiche Fossilinhalt dieser Schichten wurde besonders von F. Koby untersucht (Lit. 34). Die klassischen, von diesem Autor ausgebeuteten Fundstellen liegen im Gebiet des heutigen Steinbruchs St-Ursanne, ferner ca. 150 m SSE La Caquerelle und ca. 500 m SW Tariche (Coord. 577,2/242,35).

Wie die Aufschlüsse im Steinbruch St-Ursanne zeigen, sind die kreidigen Kalke eingelagert zwischen zahlreiche Korallenstöcke. Sie weisen in der Nähe der Stöcke Zwischenlagerungen von gerollten Korallen

und Nerineen auf. Dies lässt sich in der Weise deuten, dass die Korallenstöcke und die zu ihrer ökologischen Gemeinschaft gehörenden Schnecken und anderen Tiere dem Angriff durch die Brandung ausgesetzt waren und dabei teilweise losgebrochen und gerollt wurden. Die gröberen Gerölle blieben meist in unmittelbarer Nähe der Stöcke liegen, während das feinere Zerreibsel weiter verschwemmt wurde und mit der Zeit die Zwischenräume zwischen den Stöcken auffüllte.

Zu diesem genetischen Problem gesellt sich aber noch ein ungelöstes diagenetisches. Es brauchte besondere Bedingungen, um die Verfestigung der Kalke im Stadium ihrer heutigen, relativ lockeren Beschaffenheit aufzuhalten. Auch die harten Plattigen Kalke, die im Hangenden des oberen Rauracien auftreten, sind wohl einst als Kalkschlamm in stillem Wasser abgelagert worden; sie wurden später aber, im Gegensatz zum kreidigen Ober-Rauracien, diagenetisch stärker verfestigt.

### c) Plattige Kalke (15—20 m)

Zwischen den weichen Kalken des oberen Rauracien und den Mergeln des unteren Séquanien ist eine Folge heller, harter, gutgebankter Kalke eingeschaltet, die im Landschaftsbild als Felsband meist deutlich hervortritt. In lithologischer Hinsicht sind diese «Plattigen Kalke», wie ich sie mit einem neutralen Ausdruck nennen will, den liegenden Rauracienkalken ähnlicher als den hangenden Naticamergeln; sie gehen jedoch in diese durch allmähliche Einschaltung von Mergelbänken über und werden deshalb von den verschiedenen Autoren bald zum Rauracien (z. B. Lit. 39), bald zum Séquanien (z. B. Lit. 26, 34) gezählt.

Der Übergang der plattigen Kalke in die Naticaschichten ist besonders gut an einem neuen Holzerweg im Wald ob dem Plain du Noyer [243,8/579,25] zu verfolgen. Über ca. 12 m plattigen Kalken folgt eine erste 16 cm mächtige Mergellage. Die Auflagerungsfläche ist wulstig-konkretionär und mit Limonit überkrustet. Die Mergel sind blättrig, grau bis rötlich, mit einigen limonitischen Ooiden. Die nächst folgenden 1,30 m Kalke sind noch hell und dicht, von zwei winzigen Mergellagen unterbrochen. Darüber werden die Kalke graubraun, leicht brecciös bis oolithisch, öfters aber auch etwas mergelig. Typisch sind grössere etwas limonitische Konkretionen und Mumien. Solche sind in ähnlicher stratigraphischer Lage auch auf der Weide von l'Ordon [245,7/582,4] NW ob Boécourt zu beobachten.

### d) Unteres und mittleres Séquanien (ca. 40 m)

#### Unteres Séquanien (Natica-Schichten)

Das untere Séquanien (Naticaschichten) ist vorwiegend mergelig, bildet deshalb eine verlehnte Combe und ist meist schlecht aufgeschlossen. Ein gutes Profil liefert der Bachgraben WSW La Seigne dessous, SW Montmelon (zwischen den Koten 600 und 630).

Die unteren 13 m sind vorzugsweise kalkig: bräunliche bis graue Platten von meist lumachelöser, feinbrecciöser bis oolithischer Struktur; daneben auch dichte Kalke. Dazwischen sind mehrere geringmächtige Mergellagen eingeschaltet. Charakteristisch ist eine ca. 3 m mächtige oolithische Bank mit meist hellen Ooiden in rostroter Grundmasse, die öfters als Härtling aus der Combe herausragt. An verschiedenen Orten finden sich im Untersequan Aufarbeitungen grösserer Gesteinsbrocken, die zu grobbrecciösem Aussehen des Gesteins führen.

Die folgenden 17 m bestehen vorwiegend aus graublauen tonigen Mergeln mit einigen dünnen Lumachellenplatten. Sie sind sehr reich an kleinen Fossilien, besonders Astarten, Pectiniden und kleinen Gastropoden.

Das untere Séquan wird abgeschlossen durch eine ca. 2,4 m mächtige Wechsellagerung von Mergeln mit harten, meist lumachellösen Platten.

#### Mittleres Séquanien (Mumienbank und Humeralis-Schichten)

Über den Natica-Schichten folgt die mehr als 5 m mächtige Mumienbank: harter, heller, bräunlicher Kalk mit grossen Ooiden (häufig von über 1 cm Durchmesser). Sie tritt im ganzen Untersuchungsgebiet mit grosser Konstanz auf. Die Mumienführung unterliegt einigen Schwankungen.

Innerhalb der in mehrere Schichten gegliederten Bank häufen sich die Mumien jeweils in der Nähe der oberen Schichtflächen an.

Die Mumienbank stellt — wie in den benachbarten Gebieten — eine ausgezeichnete Leitschicht zwischen den Mergelserien des unteren und des mittleren Sequans dar (vgl. Lit. 25), nur ist das Auftreten von Mumien allein noch nicht entscheidend: wie oben ausgeführt wurde, finden sich solche auch im unteren Mittel-Rauracien und in den Übergangsschichten der Plattigen Kalke zum Unter-Sequan.

Die darüber folgenden Humeralissschichten des Mittel-Sequans sind gut aufgeschlossen an der Landstrasse zwischen Montruesselin und La Caquerelle und am Weg, der ob Séprais in die Combe des Tufts führt [583,8/247]. Es sind ca. 8 m mächtige gelbe, meist kalkige Mergel, in einzelnen Lagen mit Eisenooïden, in Wechsellagerung mit knauerigen Lumachellenbänken und, an einigen Orten, auch Echinodermenbreccie. Sie sind sehr fossilreich.

### e) Oberer Malm. Oberes Séquanien und Kimmeridgien (160—180 m)

Das obere Séquanien und das Kimmeridgien seien zunächst als oberer Malm zusammengefasst. Portlandien konnte im Untersuchungsgebiet bis jetzt nicht festgestellt werden. Wir beschreiben die Ausbildung des oberen Malms anhand des Bachgrabenprofils W La Seigne dessous. Der obere Malm beginnt mit hellen, z. T. scherbzig zerfallenden Kalken (ca. 11 m). Es folgen 16 m helle dichte Kalke, dann 4 m Oolithe. Deren Basis ist durch weichere Grundmasse ausgezeichnet, so dass beim Zerschlagen des Gesteins die Ooïde ganz bleiben, während bei den härteren oberen Bänken der Bruch die Ooïde glatt durchschneidet. Die Oolithe entsprechen wohl dem obersten Sequan; wir werden auf diese Zuteilung unten noch zurückkommen.

Die nun folgende ziemlich eintönige Serie heller und dichter Kalke ist ca. 60 m mächtig. Sie wird nach 11 m durch eine mehrere Meter mächtige Einlagerung eines weissen, etwas bröckeligen konglomeratischen Kalkes unterbrochen, der durch lokale Aufarbeitung entstanden sein dürfte. Im Bachgraben selbst ist diese mit Schutt bedeckt, kann aber festgestellt werden am Abrissrand der Sackungen NW La Seigne dessous. Ihre Mächtigkeit beträgt dort ca. 8 m.

Am selben Hang treten gegen oben auch feinbrecciöse bis oolithische Kalke auf. Eine wenige Meter mächtige Mergellage ist erst auf Kote 760 NW La Seigne du Milieu, 60 bis 70 m über der oben erwähnten Oolithbank zu finden. Sie ist reich an Fossilien, besonders an den im Bereich der Pterocera-Mergel der Ajoie (Kimmeridge) typischen Alectryonien.

Mergelbänke im Kimmeridgien sind ausserdem aufgeschlossen: an der Landstrasse Glovelier-St-Brais auf 580 bis 590 m; in der Combe du Bé auf 550 bis 560 m; in der Combe des Tufts, unterhalb Moulin de Séprais; bei Piéneuschelat (W Châtillon [576,6/242,9]). Alle diese Mergelschichten finden sich in ähnlicher stratigraphischer Lage.

Die Grenze zwischen Séquanien und Kimmeridgien wurde — wenn möglich — nach dem allgemein üblichen Vorgehen im südlichen Jura, über der oben erwähnten Oolithbank (= Verenaschichten des südlichen Juras) gelegt. Die Oolithe wechseln jedoch in ihrer Mächtigkeit. Sie fehlen fast ganz im S-Schenkel der Mont Terri-Kette, während im SE-Schenkel der Caquerelle-Kette sich zwei Oolithbänke einstellen. Hier wurde die untere, mächtigere Lage als Grenzbank genommen und die ca. 10 m darüber liegende zum Kimmeridge gestellt; im S-Schenkel der Mont Terri-Kette dagegen legte ich die Grenze Sequan-Kimmeridge in eine zurückgewitterte Zone zwischen den einförmigen Kalkplatten des oberen Malms. Auch in höheren, sicher zum Kimmeridge gehörenden Horizonten treten oolithische Bildungen auf, allerdings meist nur nestartig. Ob die an verschiedenen Orten beobachteten Oolithe und konglomeratischen Kalke sich entsprechen, oder ob sie linsenförmig in die dichten Kalke eingelagert sind, konnte nicht entschieden werden.

## III. Tertiär

Von wenigen Ausnahmen abgesehen bleiben die tertiären Ablagerungen auf das Delsberger Becken beschränkt. Sie unterscheiden sich von den mesozoischen Bildungen in mancher Hinsicht: sie

sind grösstenteils kontinental (Lit. 4, 39), wenig verfestigt, und wegen des Beginns tektonischer Bewegungen ist ihre Mächtigkeit grossen Schwankungen unterworfen. Zu primären Schichtlücken gesellen sich solche, die durch spätere Transgressionen entstanden sind.

### 1. Eozän

Das Eozän besteht aus Verwitterungsrückständen der heute fehlenden Schichten des obersten Malms und wahrscheinlich auch der Kreide (Lit. 58). Die Profile ändern von Ort zu Ort. Dieser Umstand ist wohl zurückzuführen auf die ausgeprägten lokalen Unterschiede des damaligen Karstreliefs und auf das Fehlen eines die Sedimente ordnenden längeren Transportweges.

Die Zusammenfassung der lithologisch ähnlichen Bildungen entspricht also nicht einer stratigraphischen Parallelisierung.

Es finden sich folgende vermutlich eozäne Bildungen:

#### a) Bolus mit Bohnerz

Auf verkarsteter Kimmeridge-Oberfläche, die z. B. bei Séprais durch Bergbau schön freigelegt worden ist (Lit. 3, 47), liegt eine dünne Schicht roter Bolustone mit Bohnerzeinlagerungen, die früher auf der ganzen Strecke von Boécourt bis Montavon intensiv abgebaut wurden (Lit. 3, 47–49).

#### b) Sandstein

Stücke eines aus Quarzkörnern bestehenden Sandsteins mit kalzitischem Bindemittel fanden sich auf Kimmeridge N Sévay [246,25/580,25] zusammen mit einem Brocken von Daubrée-Kalk (siehe unten). Nach A. QUIQUEREZ wurde in dieser Gegend einst auch Bohnerz für den Hochofen von Bellefontaine abgebaut (Lit. 47).

#### c) Daubrée-Konglomerat, Daubrée-Kalk, Süsswasserkalk

Nach E. FLEURY («Le sidérolithique suisse», Mém. Soc. fribourg. Sc. nat., Vol. VI) werden als Daubrée-Kalk und Daubrée-Konglomerat Gesteine bezeichnet, die in einer Grundmasse von Süsswasserkalk Bohnerzkörner und mesozoische Gerölle als Komponenten enthalten. Dabei ist die Grundmasse durch Bolus meist stark rot gefärbt. Durch Zurücktreten der Komponenten und der Färbung können alle Übergänge zum reinen Süsswasserkalk entstehen. Aus dem Gesagten geht hervor, dass diese Gesteine jünger sein können als die Bohnerzbildungen. Sie werden deshalb nur mit Vorbehalt ins Eozän gestellt.

Beim Scheibenstand von La Charmeté, 200 m NW des Tunnelportals von Glovelier, sind an das Kimmeridge Gesteine angelagert, welche in rotbrauner bis gelber Grundmasse Bohnerzkörner enthalten. Diese Grundmasse besteht aus Quarzkörnchen und aufgearbeiteten Bolusetzchen, die durch Kalk zusammengehalten werden. Je mehr wir uns vom Kimmeridge entfernen, um so stärker treten die Kalkbildungen hervor, und es findet ein Übergang statt in einen weissen, fossilereen Süsswasserkalk mit vielen Quarzkörnchen. In der Nähe fand sich ein loser Brocken eines ähnlichen Gesteins, in dem noch schlecht gerundete zentimetergrosse Komponenten von Malmkalk erkennbar sind.

Ähnliche Bildungen fand ich bei La Couperie (NNE von Ravières [244,7/582,2]) am Kimmeridge anklebend, ferner in losen Brocken am Fuss des Kimmeridge-Hanges der Pâturage du Droit [243/581,75] und endlich im Wald N Sévay (siehe oben, Abschnitt b Sandstein).

#### d) Eozäne Bildungen in Verwerfungsklüften

Manche Verwerfungsklüfte im Malm zeigen eine Reibungsbreccie, deren Komponenten durch ein rotgefärbtes oft quarzreiches Bindemittel zusammengehalten werden. (Z. B. auf L'Ordon [245,5/582,2], in der Combe du Bé [580,8/243,1], in der Combe von Chaudiron [243,35/579,75].) Neben der Verwerfungsbreccie finden sich ausgewalzte rote Massen, die aus Bolus und viel Quarz mit kalkigem Bindemittel bestehen. Wahrscheinlich sind hierher auch die von F. MATHEY im Profil des Tunnels Glovelier–St-Ursanne aufgezeichneten «Poches sidérolithiques» zu zählen (Lit. 43), auf die wir unten noch zu sprechen kommen (siehe S. 26–27 und Fig. 3).

Das Material für diese Bildungen entstammt mit grosser Wahrscheinlichkeit der eozänen und paleozänen Verwitterungsperiode. Über den Zeitpunkt der Einlagerung in die tektonischen Spalten lassen sich im Untersuchungsgebiet keine sicheren Daten finden. Am nächsten liegt die Annahme, die Spalten hätten schon im Eozän bestanden und seien an bestimmten Stellen durch die Karst-Erosion erweitert und mit eozänem Material angefüllt worden. Dass im Rheintalgraben die Bruchbildung schon im Eozän begonnen hat, wurde neuerdings von L. VONDERSCHMITT (Lit. 72) nachgewiesen. Ausserdem erwähnt W. T. KELLER (Lit. 31) ein wahrscheinlich eozän angelegtes Verwerfungssystem an der Strasse Soyhières-Mettemberg, bei dem als Kluffüllung zerknietete rote Tone und Huppererde auftreten. Ähnliche Bildungen wurden von A. QUIQUEREZ als «failles éruptives» beschrieben (Lit. 48). Da diesem Forscher viele Einzelbeobachtungen an Stellen möglich waren, die heute nicht mehr zugänglich sind, kommt seinen Beschreibungen grosser dokumentarischer Wert zu, obgleich seine hypothetischen Schlüsse nicht mehr gelten. Die Reaktivierung der Klüfte und Verwerfungen habe dann zur Auswalzung und Einbeziehung in die Verwerfungsbreccie geführt.

## 2. Oligozän

Wie schon H. LINIGER festgestellt hat, fehlen dem westlichen Delsberger Becken die unteroligozänen Sedimente bis zum oberen Chattien, abgesehen vielleicht — nach den eigenen Beobachtungen — von einigen kleinen Vorkommen graugrüner Mergel fraglichen Alters. Im allgemeinen transgrediert das obere Chattien als glimmerreicher Sandstein (Molasse alsacienne) über das meist von Eozän entblösste Kimmeridge.

### a) Graugrüne Mergel

Am Tunneleingang bei Glovelier sind als älteste Tertiärschichten grünlich-graue, wenig mächtige Mergel aufgeschlossen, die in die Risse der teilweise in Blöcke aufgelösten Kimmeridge-Oberfläche eingedrungen sind und grössere Brocken umschliessen. Wenn es sich nicht um Eozänbildungen handelt, so liegt eine Transgression vor. Die hangenden Schichten sind nicht aufgeschlossen.

### b) Molasse alsacienne

Unter dem Aushubmaterial des Bahneinschnittes beim Tunneleingang von Glovelier fanden sich Stücke einer wenige Zentimeter mächtigen konglomeratischen Bildung mit grösseren gerundeten Malmkomponenten (Durchmesser ca. 1 cm) und rundlichen Einschlüssen der graugrünen Mergel; die Grundmasse ist ein glimmerreicher Kalksandstein. Das Konglomerat ist wohl als Basis der Molasse alsacienne aufzufassen.

Am ersten Einschnitt der von Glovelier in die Freiberge führenden Bahnlinie lässt sich NW des Dorfes der beste Einblick in die groben, glimmerreichen, nur in wenigen knauerigen Bänken einigermaßen verfestigten Sandsteine der Molasse alsacienne gewinnen. Ob sie direkt über das Kimmeridge transgredieren oder mittelbar über die graugrünen Mergel wie beim Tunneleingang, lässt sich nicht feststellen. Die Molasse ist oft rötlich gefärbt durch kleine Flitterchen von aufgearbeitetem Bolus. Daneben finden sich einige kleine Kimmeridgegerölle eingestreut.

Die Molasse scheint hier — wenn man die Schichtlage des Kimmeridge in der Umgebung vergleicht — in ein Erosionsloch abgelagert zu sein. Das schlecht messbare Einfallen der Knauerschichten ist geringer als das der Kimmeridgeplatten und deutet eine Winkeldiskordanz an. Auffälligerweise liessen sich keine eigentlichen Konglomerate finden. Doch sind ja nur die obersten Schichten der Molasse aufgeschlossen und die Konglomerate vielleicht in der Tiefe vorauszusetzen.

Auch am Tunnelportal von Glovelier sind die Kimmeridgeplatten an einer gegen SE einfallenden Fläche gegen die stark verwitterte sandige Molasse schief abgeschnitten. Ob Winkeldiskordanz vorliegt, ist nicht zu entscheiden.

Weitere kleine Aufschlüsse von Molasse finden sich S Les Ravières [582,3/243,85] und S Glovelier [242/581,7]. Sie sind ausgezeichnet durch feineres Korn der Sandsteine und Andeutungen von Mergellagen. Meist ist jedoch die Molasse verwittert und verlehmt.

### c) Delsberger Süsswasserkalk

Nur an wenigen Stellen im S und SE von Glovelier wird die Molasse alsacienne von den Delsberger Süsswasserkalken überlagert [242/581,4; 242/581,8; 242/582,3] (vgl. Lit. 39).

### 3. Miozän und Pliozän

Sedimente des untern und des mittleren Miozäns fehlen. Im Bois de Raube N Bassecourt treten fluviatile Bildungen auf, die nach H. LINIGER in einer Rinne abgelagert wurden und — von S nach N — auf immer älteren Tertiärschichten aufruhend, ausgehend vom Delsberger Süsswasserkalk im S bis auf Bolus im N. Die untersten dieser fluviatilen Ablagerungen werden gebildet von Mergeln und Sandsteinen, über welchen mit abermaliger Diskordanz Schotter folgen. Diese bestehen zum grössern Teil aus Vogesengesteinen.

Auf den Höhen rings um das Delsberger Becken finden sich ausserdem mehr oder weniger zerstreute Quarzit-, Buntsandstein- und seltene Porphyngerölle. Diese «Höhenschotter» (Lit. 39) wurden von H. LINIGER mit den Vogesenschottern in Beziehung gebracht, doch liess sich ein Beweis direkter Zugehörigkeit noch nicht erbringen.

**a) Die Sandsteine und Mergel** wurden von H. LINIGER (Lit. 39) wegen ihrer Ähnlichkeit mit den Dinotheriensanden und den Mergeln des Mont Chaibeux (S Delsberg) zum Sarmatien gestellt. Auf Blatt St-Ursanne werden die Hänge des Bois de Raube bis zu den Talböden von verrutschten Schottern bedeckt. Nur am Hang von Au Canton (1,5 km E Boécourt) sind auf Quote 510 an einem Wegbord [243,8/584,8] rostige, grüngefleckte Mergel aufgeschlossen; doch verrät sich ihre Anwesenheit auch sonst durch Quellen und Versumpfungen oberhalb 540 m.

**b) Die Vogesenschotter** kennzeichnen das Gebiet des «Bois de Raube» (Blatt Delémont), das gegen W zu noch eben auf Blatt St-Ursanne reicht. Wir verweisen hier auf die ausführlichen Darlegungen von H. LINIGER (Lit. 39) über das östlich anstossende Vorkommen. LINIGER stellt die Schotter ins Pontien, wegen der Übereinstimmung mit den entsprechenden Ablagerungen von Charmoille, obwohl ein direkter paläontologischer Altersbeweis bis jetzt noch nicht gelungen ist.

Die lockeren Schottermassen zerfallen naturgemäss leicht und werden überwachsen. Sackungen und Rutschungen führen an den Abhängen zu Wiederholungen ähnlicher Schichtfolgen. Brauchbare Profile sind deshalb selten. Das beste findet sich am Abrissrand südlich P. 611 (1,2 km E Boécourt, 244,25/584,35). Den Fuss der Wand bilden mehrere Meter unregelmässig gelagerte, mit Sandlinsen wechselnde Vogesenschotter. Darüber folgen ca. 10 m schlecht aufgeschlossene Vogesenschotter, über welchen sich folgendes Detailprofil messen lässt.

- a) 10 cm roter Sand mit vielen grösseren Geröllen.
- b) 47 cm rotbraune, etwas vermergelte Sande ohne Gerölle.
- c) 3 cm sandige Mergel, grünlich und rötlich gestreift.
- d) 3 cm sandige Kalke.
- e) — dünne Mergellage.
- f) 6 cm sandiger, z. T. mergeliger und zerbröckelnder, z. T. harter knaueriger Kalk. Ziemlich regelmässige Bank.
- g) 7 cm grünliche, rostig gefleckte Mergel.
- h) 3 cm dunklere graugrüne Mergel.
- i) 34 cm weisslich-grüne, rostig gefleckte Mergel.

Dieses Profil ist von Bedeutung, weil die regelmässig geschichteten Mergel und Süsswasserkalke für ausgedehnte Stillwasserbildungen sprechen. Sie können verglichen werden mit den spärlichen Brocken von Süsswasserkalken, die schon LINIGER (Lit. 39) in den Vogesenschottern gefunden hatte. Die neue Beobachtung passt gut in das von Liniger entworfene Bild einer Fluss-Aufschüttungsebene mit Tümpelbildungen.

Die Auflagerung der Vogesenschotter auf wechselnder Unterlage wurde von H. LINIGER zur Datierung der Faltung verwendet. Das Problem ist indessen noch umstritten, und ich möchte in einem besonderen Kapitel die Frage der Faltungsphasen erneut überprüfen.

### c) Geröllvorkommen ausserhalb des Bois de Raube

Nach H. LINIGER (Lit. 39) finden die Vogesenschotter ihr zeitliches Äquivalent in den Quarzit-, Buntsandstein- und Porphyngerölle führenden Lehmen der das Delsberger Becken umgebenden Höhen (= «Höhenschotter» LINIGERS).

Diese Gerölle können jedoch teilweise auch durch spätere Umlagerungen der Vogesenschotter in ihre heutige Lage gelangt sein. Für diese Auffassung sprechen morphologische und tektonische Argumente (vgl. «Zur Frage der Faltungsphasen», S. 43).

Andererseits ist es auch möglich, dass geröllfreie Lehmdecken gleich alt sind wie die pontischen Schotter, da diese als Flussaufschüttungen wohl streifenweise abgelagert wurden. Unterschiede gegenüber subrezentem Verwitterungslehmen werden kaum festzustellen sein (vgl. auch Lit. 31). Die Verwitterungslehme werden deshalb gemeinsam im Abschnitt «Quartär» behandelt.

Ausserhalb des Bois de Raube sind folgende Geröllvorkommen zu nennen:

1. Im Gebiet der Caquerelle liegen häufig Quarzit- und Buntsandsteingerölle, zusammen mit Bohnerzkörnern, in einer ausgedehnten Lehmdecke, welche die tektonischen Störungen überdeckt; die Unterlage des Lehms wird deshalb wechselnd von der ganzen Schichtfolge oberes Sequan bis Glypticien gebildet.

Besonders reich ist die Geröllführung im E der Caquerelle, im Hangenden der plattigen Kalke und jüngerer Schichten. Über den tieferen Malmhorizonten führt die Lehmdecke nur noch zerstreute Gerölle.

Diese Gerölle scheinen nach ihrer geographischen Lage zu den Bois de Raube-Schottern zu gehören (Lit. 39). Ihre stratigraphischen Beziehungen zu diesen werden im Abschnitt «Morphologie» näher erörtert.

2. Ein einzelnes Gerölle fand sich SW Malrang [246,85/580,75].

3. Einige Quarzit- und Buntsandsteingerölle konnten auf dem oberen Malm SW von La Morée nachgewiesen werden [242/580,4].

4. Eine Sonderstellung nimmt das Geröllvorkommen von La Seigne dessous ein. Hier finden sich die Gerölle in einem Geländestreifen längs der später näher zu besprechenden Störung von Montmelon. Es handelt sich zum überwiegenden Teil um Quarzitgerölle, begleitet von zahlreichen rötlichen Porphyregeröllen, die aus den Vogesen stammen dürften. Ein geringer Geröllanteil entfällt auf verkieselte Oolithe — es dürfte sich um sekundär verkieselte Oolithe des Doggers oder des Malms handeln —, ferner auf verkieselte Breccien unbekannter Herkunft. Der Durchmesser der Gerölle erreicht nur selten 5 cm. Sie sind meistens eingebettet in einen bräunlichen sandreichen Lehm. SW und unmittelbar NNE La Seigne dessous liegen die Gerölle auf Kimmeridge, am Hang der Combe von Le Chaudiron auf älteren Malmschichten (verschleppt bis auf unteres Rauracien).

Durch die Entwurzelung eines Baumes wurde hier auf Kote 740 m, über WNW-fallendem mittlerem Sequan, ein Aufschluss geschaffen, der mir im Sommer 1946 einige wichtige, aber nicht leicht zu deutende Beobachtungen erlaubte [579,82/243,55]:

Ohne erkennbare Sortierung sind die Gerölle in einer mehr als 1 m mächtigen Lage in eine lehmig-sandige Paste eingebettet. Inmitten der Gerölle fanden sich ein Sandsteinblock von mehreren Dezimetern Durchmesser sowie einige Blöcke oberen Malms von ähnlicher Grösse.

Der Sandstein besteht aus dem Zerreibsel der Gerölle, einigen Schalentrümmern (von Süswasserschnecken?) sowie wenigen eingestreuten kleinen Geröllen (bis 1 cm Durchmesser). Er dürfte ursprünglich einer durch Kalk verfestigten Sandlinse innerhalb der Schotter angehört haben, welche bei späteren Rutschungen und Umlagerungen zerbrochen wurde. Wie diese Beobachtung zeigt, muss das Geröllvorkommen durch sekundäre Umlagerung von Schottern entstanden sein.

Eine weitere wichtige Feststellung erlauben die mit dem Sandstein vorkommenden Blöcke oberen Malms, die oft gänzlich in tektonische Breccie umgewandelt sind. Mehrfach liess sich nämlich feststellen, dass Quarzit- und Porphyrgerölle in diese Breccie einbezogen, zerrissen und zerrieben wurden. Die Gerölle müssen also schon vor der letzten Faltungsphase an den Ort der Breccienbildung gelangt sein. Später aber müssen die Breccienblöcke losgebrochen und mit den Schottern umgelagert worden sein. Denn eine tektonische Zerreibung der Blöcke in ihrer heutigen Lage, inmitten der Gerölle, ist undenkbar. Bei der Verstärkung und Umlagerung der Schotter kann es sich nicht um junge Rutschungen am heutigen Abhang handeln, da sich oberflächlich keinerlei Rutschformen und Abrissränder finden.

Ein Urteil über Alter und Herkunft der Gerölle von La Seigne-dessous ist heute noch nicht möglich; die Aufschlüsse sind isoliert und ungenügend. Eine mögliche Deutung wird im Abschnitt «Morphologie» (vgl. «Trockentäler», S. 45) versucht.

## IV. Quartär

### 1. Verwitterungslehme

Wie erwähnt, sind die Gerölle der sog. Höhenschotter meist in gelbe, etwas sandige Lehme eingebettet. Ähnliche Lehme, z. T. mit Brauneisenkonkretionen, aber ohne Geröllführung, sind auch sonst weit verbreitet, besonders auf grösseren Kimmeridge-Flächen, so z. B. W Séprais, in der Pâturage du Droit (NW Glovelier), S Malrang, bei Sévay, SW Brunefarine, im Gros Essert (SSW Montenol), bei Piéneuschelat und Sur Chétevat (W Tariche), Les Errauts (SE Tariche) u. a. Auf dem Plainmont de Montnat (2 km NW St-Ursanne), liegen die Lehme auf den plattigen Kalken der Rauracien/Sequan-Grenze, bei Les Ouches auf der W-Seite des Doubs W Montmelon auf dem mittleren Rauracien.

Ausgedehnte Lehmdecken ergeben sich durch die Verwitterung und Verschwemmung der weichen Tertiärschichten und der mesozoischen Mergel.

Die hier aufgezählten Lehme gehören bestimmt verschiedenen Bildungszeiten an, können aber nicht voneinander unterschieden werden.

### 2. Alte Doubsschotter

Alte Doubsschotter finden sich:

- a) bei Chétevat [242,4/576,9] auf 490 m. Die Komponenten sind nur teilweise gerundet, so dass eingeschwemmter Gehängeschutt beteiligt sein kann. Durch Kalkausscheidung ist das ganze zu einer kompakten Bank verkittet;
- b) SE Châtillon [242,65/577,7] auf 475 m;
- c) unterhalb des Plain du Noyer [244/578,9] auf 450 m;
- d) bei Pré Bouvier S La Lomenne [244,9/579,9] auf 470 m.

Vielleicht entsprechen diese Schotter teilweise, ihrer Höhenlage nach, einem alten Doubsniveau. Sie könnten aber auch Relikte von Alluvionen sein, die oberhalb von stauenden Sackungsmassen abgelagert wurden, später aber grossenteils wieder ausgeräumt wurden.

### 3. Alluvionen

Im ganzen Untersuchungsgebiet fliesst der Doubs nirgends über anstehenden Fels. Diese auffallende, für weite Strecken des oberen Doubslaufes charakteristische Erscheinung ist nach A. BUXTORF (Lit. 13, 14) so zu erklären, dass der Fluss schon in der zweiten Zwischeneiszeit eine tiefe Rinne gegraben hatte, sie aber in der Folge wieder zuschüttete.

#### 4. Gehängeschutt

Besonders mächtige Decken von Gehängeschutt liegen im Kessel S Montmelon, im Tälchen von Rière le Château, bei Ravière, bei Montavon. Er wird z. T. abgebaut (Ravière [244,2/582,4], Montavon [247,3/584,3], Sur la Croix [247,7/577,8]).

Die Sackungen werden später im Abschnitt «Morphologie» besprochen.

#### 5. Kalktuff

Zu kleineren Tuffbildungen kommt es an fast allen Quellen und Bächen. Grössere Tuffvorkommen finden sich in der Combe des Tufs NE Séprais, und zwar

- a) zwischen 610 und 640 m [246,9/583,9]. Der flache Talboden in der Combe und die unterhalb anschliessende Steilstufe scheinen hier hauptsächlich durch Tuff bedingt zu sein;
- b) auf Kote 550 m, S Moulin de Séprais [246,5/584,25]. Hier wird der Tuff in einer kleinen Grube abgebaut.

Ein weiteres grösseres Tuffvorkommen findet sich W Tariche von 480 m bis 540 m [242,6/577,3].

---

## B. Tektonik

### I. Die tektonische Lage des Untersuchungsgebietes

Wie die nachfolgende Fig. 1 zeigt, kreuzen sich im Gebiet von St-Ursanne NNE–SSW-gerichtete Störungslinien, die mit dem alttertiär angelegten Rheintal-Grabenbruch zusammenhängen, mit den erst jungtertiär entstandenen Jurafalten.

Aus der Gegend von Altkirch (SSW Mühlhausen) her durchschneidet ein Verwerfungsschwarm, der den Horst von Mühlhausen im W begrenzt, die nach SW abgelenkten Enden der Bürgerwald- und der Blochmont-Kette (vgl. auch Lit. 72, 83). Mit diesem rheintalischen Verwerfungssystem brachte A. Buxtorf die Querverschiebungen in Zusammenhang, welche bei Les Rangiers die Vorburg-Kette zerstückeln (Lit. 10); von ALBERT HEIM waren sie als junge Streckungsbrüche gedeutet worden (Lit. 28, 29).

Bei einer vorläufigen Untersuchung über die Tektonik der Blätter Miécourt und St-Ursanne konnten dann H. LINIGER und A. WERENFELS (Lit. 41) den Zusammenhang der Transversalverschiebungen von Les Rangiers mit den rheintalischen Brüchen des Pfirter Juras (Bürgerwald-Kette) eindeutig nachweisen. Sie stellten zudem ihren weiteren Verlauf gegen S bis in die Nähe der Caquerelle fest (siehe Tafel I), wo sie gegen eine Überschiebungslinie stossen. Diese verbanden sie mit einer schon von L. ROLLIER (Lit. 78) festgestellten Störung, welche bei Montmelon (Tafel I) die früher als Einheit gedeutete St-Brais–Caquerelle-Kette von der Clos du Doubs-Kette trennt. Sie übernahmen damit die Ansicht von ROLLIER, MÜHLBERG und BUXTORF (Lit. 57, 44, 10), welche diese Störung als Überschiebung der Caquerelle-Kette über die Clos du Doubs-Kette deuteten, im Gegensatz zu ALBERT HEIM, der sie als Transversalverschiebung und Teilstück der Querstörungszone von Les Rangiers aufgefasst hatte (Lit. 28, 29).

Meine Neuaufnahme hat nun ergeben, dass die Störung von Montmelon im wesentlichen eine Transversalverschiebung darstellt und Teilstück einer ausgedehnten Querstörungszone ist. Wie für die Brüche von Les Rangiers liess sich aber feststellen, dass sie nicht erst bei der Jurafaltung entstanden ist, sondern einer alten rheintalischen Bruchlinie folgt. Im S trennt diese Störung bei Sceut auch noch St-Brais- und Caquerelle-Kette, so dass diese Falten als selbständige Einheiten erscheinen.

Dieses weite Vordringen eines rheintalischen Bruches gegen S zu ist nicht vereinzelt. Wie aus Fig. 1 ersichtlich ist, durchkreuzen die aus dem Pfirter Jura heranstreichenden Verwerfungen südlich Asuel die oben erwähnte Überschiebungslinie. In ihrer Fortsetzung gegen SSW finden sich stets weitere Störungen, die zwar nur in harten und lithologisch gut differenzierten Schichten nachgewiesen werden können, aber wohl durchgehenden Bruchlinien angehören. Eine teilweise Fortsetzung dieser Brüche bis in die Freiberge hinein ist wahrscheinlich.

Das Bruch- und Transversalverschiebungs-System von La Caquerelle–Montmelon–Sceut (vgl. Tafel I) liegt auf der grossen rheintalischen Störungszone, die den ganzen Jura bis an den Innenrand mit spürbarem Einfluss auf die Faltenbildung durchzieht (Fig. 1 und Lit. 83). Von G. STEINMANN war sie als «Vogesenlinie» bezeichnet und mit dem W Abbruchrand des Rheintalgrabens verbunden worden. Nach den Untersuchungen von L. VONDERSCHMITT (Lit. 72) ist es aber sehr wahrscheinlich, dass sie aus dem W-Rand des Horstes von Mühlhausen entspringt.

Auch im W der Caquerelle-Kette finden sich mehrere Querbrüche, die sich nach N weit über die Grenzen des Blattes St-Ursanne hinaus verfolgen liessen, z. T. mit Sicherheit die Mont Terri-Kette durchsetzen und somit Anschluss an das rheintalische Bruchsystem der Ajoie erlangen (vgl. Lit. 30). Nach ihrem Verhalten gegenüber den Falten sind diese Brüche eher als präexistent und rheintalisch zu bewerten. Diese Auffassung wird ausserdem gestützt durch die Entdeckung rheintalischer Brüche bei

Roche d'Or und im Clos du Doubs, im W des Untersuchungsgebietes, durch A. BUXTORF und E. LEHNER (Lit. 12).

Nach diesen Feststellungen ergibt sich als besonderes Problem der vorliegenden Arbeit die Abklärung der Frage, wie weit im einzelnen wie im grossen der Gang der Faltung durch die gegebenen rheintalischen Störungen beeinflusst wurde.

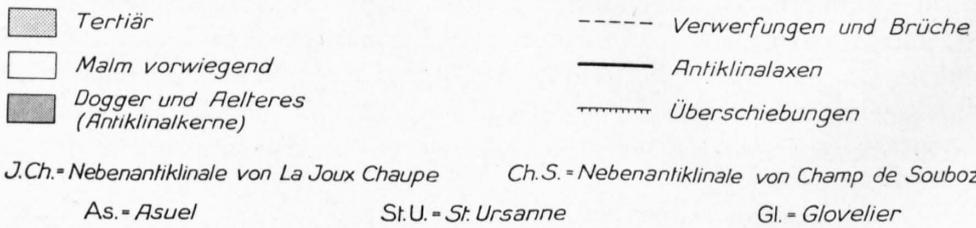
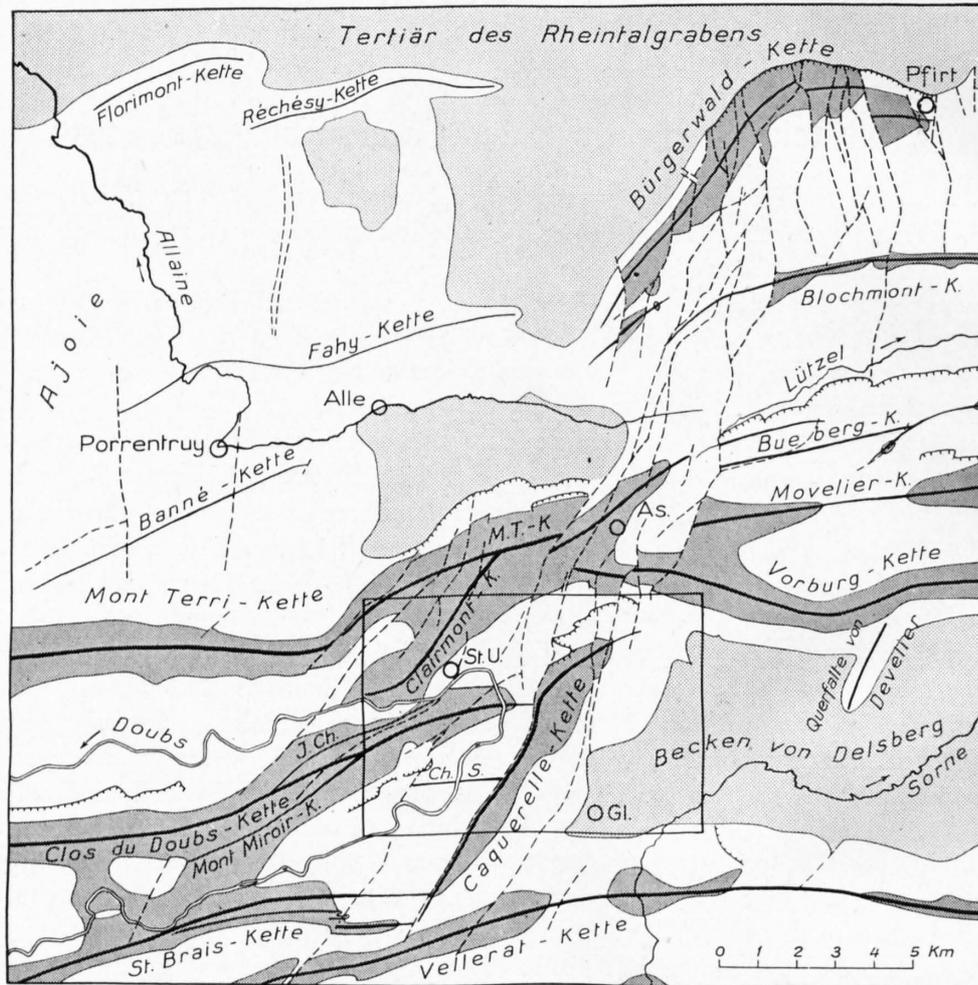


Fig. 1. Die tektonische Lage des Kartengebietes St-Ursanne

## II. Übersicht über die tektonischen Einheiten des Untersuchungsgebietes

Das Gebiet des Siegfriedblattes St-Ursanne ist im wesentlichen in zwei tektonische Bezirke geteilt (vgl. Fig. 1 und Tafel I):

1. das Delsberger Becken mit seinen Randketten
  - a) der Vorburg-Kette im N und
  - b) der Caquerelle-Kette im W;

2. den Kettenjura im W des Beckens mit

- a) der Mont Terri-Kette s. l. und ihren Neben- und Teilgewölben, d. h. der Mont Terri-Kette s. s., der Clairmont-Kette und der Kette von Sur Plainmont (Näheres siehe S. 36 und Tafel I),
- b) der Clos du Doubs-Kette und ihren Nebengewölben,  
der Nebenantiklinale von La Joux Chaupe im N,  
der Nebenantiklinale von Champ de Souboz im S.

Diese Falten werden, wie oben erwähnt, von einer Reihe von Querbrüchen durchschnitten, welche im folgenden — von E nach W — mit B 1 bis B 11 bezeichnet werden (vgl. die tektonische Karte Tafel I).

### III. Tektonische Beschreibung

Die nachfolgende Beschreibung stützt sich auf Tafel I (Tektonische Karte) und Tafel II (Profilserie), welche stets zu konsultieren sind; auch empfiehlt sich die Benützung der topographischen Karten Blatt 91, St-Ursanne, und Blatt 89, Miécourt.

#### 1. Das Delsberger Becken

Zum tektonischen Bezirk des Delsberger Beckens ist die ganze SE-Ecke des Untersuchungsgebietes zu zählen, soweit die Tertiärdecke reicht, also SE der Linie Glovelier-Montavon. In der Combe des Tufts E Séprais lässt sich schwaches, gegen das Beckeninnere stetig abnehmendes SE-Fallen messen. Störungen sind nicht nachweisbar.

#### 2. Die nördliche Randkette des Beckens: die Vorburg-Kette

Die Vorburg-Kette liegt nur mit einem kurzen Stück ihres S-Schenkels im Untersuchungsgebiet. Dieser Schenkel zeigt bis Les Rangiers die starke Überkipfung, die H. LINIGER (Lit. 39) W von Delsberg durchwegs feststellen konnte. Bei Fraideval muss aus der Doppelung von Oxfordien und Rauracien auf eine kleine disharmonische Überschiebung geschlossen werden (Profil 1). Sie scheint mit einer im W von Delsberg weithin verfolgbaren Knickzone im S-Schenkel zusammenzuhängen (Lit. 39). Der Ausbiss der Überschiebung ist meist von Schutt- und Sackungsmassen bedeckt, lässt sich jedoch einigermaßen festlegen, weil die überschobenen Obersequankalke bis in unmittelbare Nähe des Beckentertiärs vorgepresst worden sind. Ausserdem sind oberhalb eines Sackungspakets, das von der überschobenen Serie abgeglitten ist, massenhaft Gerölle dem Lehm und Gehängeschutt beigemischt. Da im Bereich der anstehenden Überschiebungsmasse keine Gerölle auftreten, so ist anzunehmen, dass auch Vogesen-schotter vom Malm überfahren wurden.

Im W lässt sich die Überschiebung bis gegen La Borne verfolgen (vgl. Tafel I). Sie streicht hier in die Luft aus, ohne dass sich entscheiden liesse, ob ihre Fortsetzung durch Erosion entfernt wurde, oder ob sie überhaupt nie weiter nach W gereicht hat. Diese Möglichkeit muss im Auge behalten werden, weil sich auf dem Hügel von La Borne zwei kleine Querbrüche (B 1) finden, die in der überkippten Serie einen schmalen Streifen von Natica-Schichten begrenzen; dieser Streifen stösst im W an die plattigen Kalke, im E an Rauracien-Oolith. Möglicherweise deuten die Brüche eine Änderung im Bauplan der Kette an.

Eine weitere Komplikation stellt sich SE Les Rangiers ein. Zur Erörterung der geologischen Verhältnisse in diesem Gebiet sind wir gezwungen, einen Teil des N anschliessenden Kartenblattes Miécourt mitzuberücksichtigen (vgl. Fig. 2, S. 20).

Im SE von Les Rangiers wird der Malm-S-Schenkel von einem kleinen aufschlusslosen Tälchen (A in Fig. 2) unterbrochen. Der Bau des Schenkels zu beiden Seiten des Tälchens ist ganz verschieden, wie sich aus Fig. 2 ohne weiteres ablesen lässt: im E des Tälchens zeigt er NW-Streichen und überkippte Lage, im W des Tälchens dagegen E-W-Streichen und normales S-Fallen (Profil 2). Dieses Verhalten des

Malm-Schenkels wurde von LINIGER und WERENFELS (Figur in Lit. 41) dem Einfluss des St. Peter-Bruches zugeschrieben, welcher den Doggerkern der Vorburg-Kette bei Les Rangiers durchsetzt. Kartierungen, die ich im Sommer 1947 gemeinsam mit cand. geol. R. Tschopp auf Bl. Miécourt ausführte, ergaben zwar im einzelnen einen etwas anderen Verlauf des Bruches, bestätigten aber doch, dass er NE Les Rangiers den Dogger durchsetzt und dann auf das Tälchen im SE von Les Rangiers hinzielt. Eine sichere Fortsetzung des Bruches gegen S zu in den Malm-S-Schenkel liess sich aber nicht nachweisen. Zwar ist auf der E-Seite des Tälchens, in der Fortsetzung des St. Peter-Bruches eine Störung im oberen

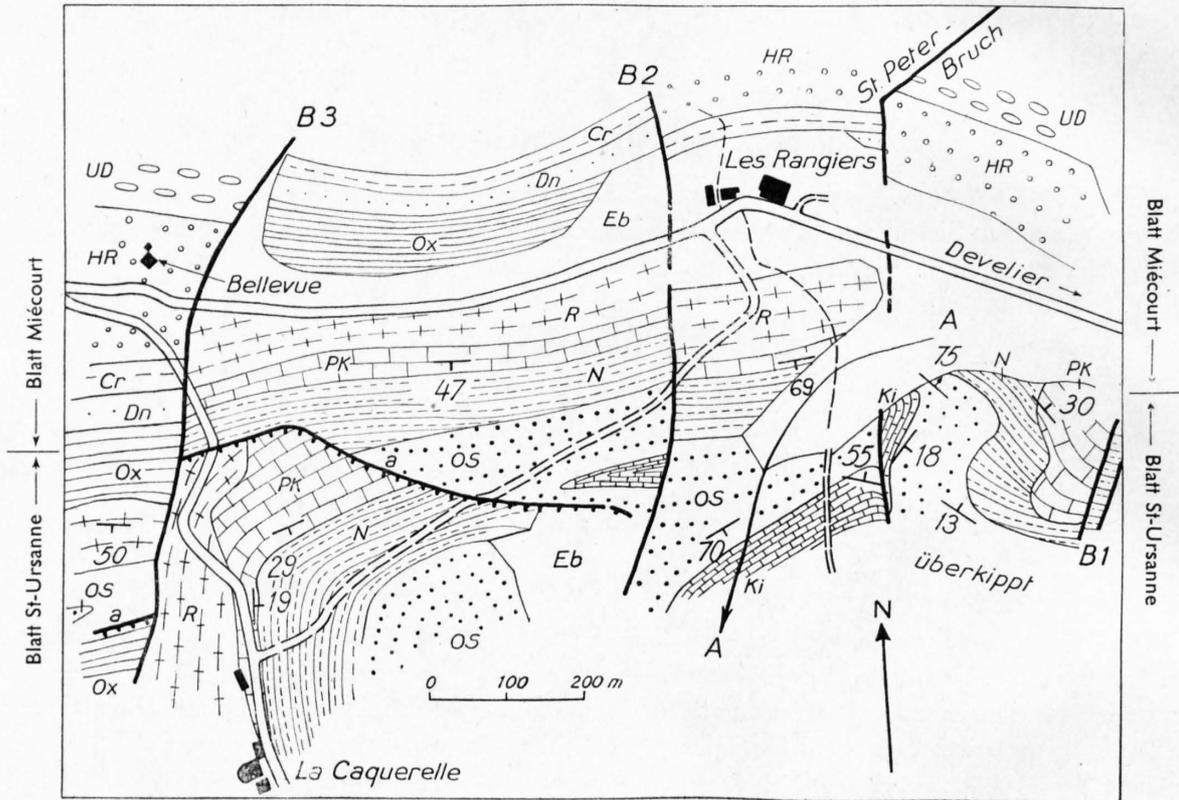


Fig. 2. Geologische Kartenskizze 1:10 000 des Gebietes von Les Rangiers-La Caquerelle

Eb = Schutt	Dn = Dalle nacrée
Ki = Kimmeridge	Cr = Calcaire roux
OS = Obersequan	HR = Hauptrogenstein
N = Natica-Schichten	UD = Unterer Dogger
PK = Plattige Kalke	a = Überschiebung
R = Rauracien	B 1, B 2, B 3 = Brüche
Ox = Oxfordien	A-A = Tälchen (siehe Text)

Sequan und Kimmeridge zu erkennen (Fig. 2), doch lässt sie sich nur auf eine kurze Strecke verfolgen, und es ist ungewiss, ob sie mit dem rheintalischen St. Peter-Bruch in direkte Beziehung gebracht werden darf. Ausserdem ist längs der Störung im Malm der E-Flügel nach N verschoben, längs des St. Peter-bruches im Dogger hingegen der W-Flügel.

Der Wechsel im Bauplan der Vorburg-Kette dürfte aber nicht nur dem Einfluss der St. Peter-Verwerfung zuzuschreiben sein, sondern zu einem guten Teil auch dem Einfluss der Caquerelle-Kette, welche von SSW herandrängt und das Beibehalten der Überkipfung im S-Schenkel der Vorburg-Kette verhindert.

Ein weiterer Bruch (B 2) durchsetzt dann 100m SSW Les Rangiers den Malm als N-S- bis NNE-SSW-streichende Verwerfung (vgl. Fig. 2). Er tritt besonders klar an der Strasse Les Rangiers-La Caquerelle hervor, wo plattige Kalke (im E) an die Mumienbank (im W) stossen. Gegen N, auf Kartengebiet Miécourt, scheint er, nach gemeinsam mit R. Tschopp durchgeführten Kartierungen, mit dem System des Le Gyps-Bruches zusammenzuhängen (Lit. 41).

### 3. Der Gebirgsknoten von Les Rangiers—La Caquerelle

Der Gebirgsknoten von Les Rangiers, welcher den geologischen Beobachtern schon seit langem immer wieder aufgefallen ist, entsteht durch das Zusammentreffen folgender Elemente (vgl. Fig. 1, S. 18):

1. der Vorburg-Kette,
2. der Caquerelle-Kette und
3. des rheintalischen Bruchbündels, das vom W-Ende des Pfirter Juras heranstreicht.

Zwei tiefere Erosionseinschnitte, das Tal von Malrang im N und die Combe Chavat im S, lassen im ganzen folgenden tektonischen Plan erkennen (vgl. Tafel I und die Profile 3 bis 8 auf Tafel II):

Die Vorburg-Kette verliert W von Les Malettes ihre Selbständigkeit gegenüber der Mont Terri-Kette. Dabei geht ihr S-Schenkel ohne scharfe Grenze in den S-Schenkel der Mont Terri-Kette über.

Von SW her stösst in grosser Breite die Caquerelle-Kette gegen den Knoten. Dabei stellen sich Überschiebungen ein, die im E bis in den S-Schenkel der Vorburg-Kette vordringen, gegen W aber immer weiter zurückbleiben und am Bruch B 5 endlich ganz aussetzen. Dieser Abschnitt der Vorburg- und auch der Caquerelle-Kette wird zerstückelt durch die östlich B 5 verlaufenden Brüche B 3 und B 4. Unter diesen zeichnet sich B 3 als Transversalverschiebung besonders aus, gleich wie weiter N auf Blatt Miécourt, wo ihn schon ROLLIER auf seiner «Carte géologique d'Asuel» (Lit. 75) verzeichnet.

Im einzelnen lässt sich folgendes beobachten: Als erstes Anzeichen der Überschiebungszone tritt zwischen Les Rangiers und La Caquerelle eine Doppelung im Malm-S-Schenkel der Vorburg-Kette auf (Fig. 2 und Prof. 3), die wahrscheinlich auf disharmonischer Bewegung der Malmserie beruht. Die Überschiebung ist besonders gut aufgeschlossen an der Landstrasse, ca. 400 m N La Caquerelle. Leicht S-fallendes, tektonisch stark beanspruchtes Rauracien ist mit steiler Störungsfläche auf etwas gestauchte Naticaschichten gepresst, die zum weiter N heranreichenden normalen S-Schenkel der Vorburg-Kette gehören. Die Überschiebungslinie lässt sich gegen E zu, mit leichtem Einbiegen nach S, bis in die Nähe des Bruches B 2 verfolgen. Die schwache Einmuldung des überschobenen Malms entspricht einem letzten Rest des gegen W axial rasch ansteigenden Synklinalzwickels von Montavon.

Wenig W der Landstrasse wird die Überschiebungszone durch B 3 glatt abgeschnitten. Es liegt eine Transversalverschiebung vor: in der W Fortsetzung des Rauracien und der Naticaschichten — schon auf Kartengebiet Miécourt — liegen Hauptrogenstein und Oxfordien (vgl. Fig. 2 und Lit. 57, 41). Auch die Überschiebung setzt erst ca. 200 m weiter S wieder ein. Oxfordien mit einer flachliegenden dünnen Kappe von unterem Rauracien erscheint hier als Hangendes über dem Malmschenkel der Vorburg-Kette. Das Ausstreichen der Überschiebung kann im Abschnitt zwischen B 3 und B 4 nicht exakt festgelegt werden, weil verrutschtes und verschwemmtes Oxfordien den Hang unterhalb der überschobenen Serie bedeckt. Doch zeigt der Waldrand am Hang E Noir Bois das ganze Profil des Rauracien bis zu den plattigen Kalken; in einigen isolierten Aufschlüssen treten ausserdem im Weidgebiet S La Combe Lumachellen der Naticaschichten und Obersequan-Oolithen zutage. Demnach dürfte die normale Serie der Vorburg-Kette bis auf Kote 760 m reichen und auf dieser Höhe durch die Überschiebung abgeschnitten werden (Profil 4).

Bei La Combe wird der S-Schenkel der Vorburg-Kette von B 4 durchschnitten. Der Bruch ist morphologisch sehr schön markiert durch das Aufeinanderstossen von Oxfordcombe im E und Rauracien-schenkel im W am Hügel P. 710 bei La Combe (vgl. Tafel I); er streicht N-wärts über Les Malettes gegen Asuel und scheint dort mit dem System des Pleujouse-Bruches (Lit. 41) zusammenzuhängen.

Auf Kote 760 m, 400 m S La Combe, kreuzen sich Bruch und Überschiebung fast unverstellt. W des Bruches zieht sich längs der obern Kante des Hanges von Noir Bois etwa 400 m weit eine Zone tektonischer Breccie hin, deren Liegendes aus schwach S-fallendem, zum S-Schenkel der Vorburg-Kette gehörendem Kimmeridge besteht. Überschoben auf die Breccie treten nacheinander die Schichten vom Rauracien-Oolith bis zum Obersequan auf. Während E des Bruches B 4 keinerlei Anzeichen einer Einfaltung der überschobenen Massen zu erkennen ist, so stehen hier die plattigen Kalke am Überschiebungskontakt senkrecht bis überkippt. Doch kann es sich auch in diesem Falle nur um eine örtliche Erscheinung handeln; denn schon 100 m S der Überschiebungslinie liegen die gleichen Schichten auf gleicher Höhe fast flach.

Halbwegs zwischen La Combe und Le Malrang (vgl. Tafel I) verhindert ein verlehmttes Seitentälchen die genauere Untersuchung des Überschiebungsverlaufs. Nördlich P. 747 erscheinen überkippte Obersequan-Oolithe über der Breccienzone, im S gefolgt von Naticaschichten (Prof. 6). Deren Streichen und topographische Höhenlage scheinen nicht zu den Verhältnissen im E des Tälchens zu passen. Im W nämlich befindet sich die Breccienzone auf 735 m, im E auf 710 m, bei sonst stetiger Tendenz, gegen E anzusteigen. Eine Querstörung könnte vorliegen, doch müsste sie auf den nördlichsten Teil des Überschobenen beschränkt sein. Weder in den eintönig schwach S-fallenden Platten des oberen Malms von Noir Bois noch am Steilabbruch gegen Combe Chavat dessous liessen sich nämlich weitere Anhaltspunkte finden. Auch muss unentschieden bleiben, ob das liegende Kimmeridge im W aufgestaucht worden ist — es finden sich Anzeichen von umbiegenden Platten — oder ob die Dislokation hier auf Reliefunterschiede stiess (vgl. «Trockentäler» im Abschnitt «Morphologie» S. 45).

Die Überschiebung verläuft, nicht immer scharf fassbar, gegen W bis zu der Stelle, wo die von Le Malrang herführende Strasse in die Combe Chavat einbiegt. Hier schwenkt sie nach SE zurück und verrät dadurch das flache S- bis SE-Fallen der Überschiebungsfläche.

Die beschriebenen Überschiebungsmassen liegen nun gänzlich auf den flachgelagerten Schichten des E-Endes der Mulde von St-Ursanne. Der N vorgelagerte Abschnitt, wo sich der Einbau der Vorburg-Kette in den S-Schenkel der Mont Terri-Kette vollzieht, wird vom Bruch B 5 durchschnitten. Dieser Bruch wurde im Dogger E Montgremay schon von H. LINIGER und A. WERENFELS (Lit. 41) festgestellt und als Transversalverschiebung gedeutet. Damit scheint mir aber die Natur der Störung nicht vollständig charakterisiert zu sein. In der Côte du Frêne (N-Rand von Tafel I) ist sie nämlich auf dem W-Flügel von einer Flexur begleitet, die im oberen Malm beidseits der Landstrasse N Malrang sehr schön erkennbar ist. Im obersten Teil, gegen die Oxford-Combe zu (ausserhalb des Kartenblattes), ist die Störung B 5 zudem durch mehrere schief von NE heranreichende Brüche zerstückelt; einer davon ist am N-Rand von Tafel I angegeben. B 5 erscheint, wegen dieser Eigentümlichkeiten, eher als im ganzen passiv gebliebener, kaum reaktivierter rheintalischer Bruch.

Unmittelbar S von Le Malrang sind der Bruch B 5 und die begleitende Flexur von Schutt und Lehm bedeckt. Ihr Verhältnis zu den Überschiebungen ist nicht so einfach zu erkennen wie das von B 3 und B 4. Der Bruch zielt nämlich auf die erwähnte Wegbiegung zwischen Le Malrang und der Combe Chavat. Hier aber schwenkt ja auch der Ausbiss der Überschiebung nach SE zurück, kann also vom Bruch nicht mehr geschnitten werden. Wir werden beim Betrachten des S anschliessenden Gebietes auf dieses Verhältnis zurückkommen.

Die Überschiebungslinie dürfte die Talsohle der Combe Chavat bei 590 bis 600 m erreichen, ist jedoch dort durch einen Klotz von Rauracien-Oolith verdeckt, der aus dem N-Hang abgeseckt ist.

Der N-Hang der Combe Chavat, die die beiden Gehöfte Combe Chavat-dessous und -dessus verbindet, erlaubt einen guten Einblick in den Bau des Malms im N Abschnitt der Caquerelle-Kette. Von W her streichen, leicht ansteigend, fast flache Rauracienbänke, die gegen E von plattigen Kalken und Naticaschichten überlagert werden, bis zur Pierre de l'Autel (vgl. Tafel I). Hier hört die Bewaldung des Hanges plötzlich auf. In der E folgenden Wiesenzone finden sich Aufschlüsse mit Oxford-Chaillen. Auf gleicher Höhe wie die vorhin erwähnten Naticaschichten stechen einige Bänke mit verkieselten Fossilien und Crinoiden des Glypticien hervor, die zum flach gelagerten überschobenen Rauracien zwischen B 3 und B 4 gehören. Zwischen Sequan im W und Rauracien-Oxfordien im E muss also eine Verwerfung verlaufen, die sich gegen N direkt mit B 4 verbinden lässt.

Weiter E, auf der fast flachen Tafel von La Caquerelle liegt Rauracien-Oolith im E auf fast gleicher Höhe wie Glypticien im W. Dadurch ergibt sich, obwohl der Kontakt wegen der ausgedehnten Verlehmung nirgends scharf aufgeschlossen ist, dass auch B 3 die ganze Malmtafel durchsetzt.

Diese Tafel weist noch eine andere Komplikation auf. Der Felsklotz im W der Pierre de l'Autel (P. 821,0) besteht nämlich aus flach liegendem Rauracien, gegliedert in Oolithe pisiforme und Rauracien-Oolith, und muss also als klippenartiges Erosionsrelikt einer zweiten Malmüberschiebung gedeutet werden (Profil 6 a). Zu den überschobenen Massen gehören auch die Pierre de l'Autel und einige ihr benachbarte Blöcke. Sie bestehen aus ziemlich dichten Kalken, die starke tektonische Beanspruchung zeigen.

Sie scheinen aus etwas jüngeren Schichten zu stammen als die Oolithe der Klippe, sind also wohl von diesen durch eine sekundäre Störung getrennt und vielleicht als eine Art Klemmpaket in der Nähe von B 4 aufzufassen.

Auch B 2 erstreckt sich weit nach S, bis zur Roche au Vilain, die wegen ihrer intensiven Zerklüftung die Nähe des Bruches anzeigt (Prof. 4). Dass dieser vorhanden ist, ergibt sich aus der Doppelung der schwach E-fallenden plattigen Kalke. Der Bruch ist weiterhin gut zu erkennen im SE der Caquerelle, wo die Mumienbank des mittleren Sequans (im W) an plattige Kalke (im E) stösst und diese in der weiteren Fortsetzung gegen SSW, gegen die Roche au Vilain zu, an tieferliegende Naticaschichten grenzen.

Die Umbiegung des Malms aus der zwickelförmigen Synklinale von Montavon in den SE-Schenkel der Caquerelle-Kette ist im übrigen wohl nur wenig gestört. Im E der Combe des Tufs scheinen zwar, an der Stelle, wo die Änderung im Streichen am schärfsten ist, die Kimmeridgebänke etwas verworfen zu sein; allein das Fehlen eines brauchbaren Leithorizontes erlaubt keine genauen Feststellungen. Auch die Knickstelle in den plattigen Kalken der Combe des Tufs weist eine gewisse Zerscherung auf. Daraus aber eine durchgehende Störung zu konstruieren, etwa in der Fortsetzung von B 1, scheint mir zu gewagt.

#### 4. Die Caquerelle-Kette

Der W-Rand des Delsberger Beckens wird von der SW-NE-verlaufenden Caquerelle-Kette gebildet. Bei der Besprechung des Gebirgsknotens von Les Rangiers-La Caquerelle haben wir ihr N-Ende kennengelernt, welches in Überschiebungen gegen die Vorburg-Kette herandrängt und dabei zerschnitten wird durch die rheintalischen Brüche B 3 und B 4. Diese Brüche lassen sich gegen S auch durch den Kern und den SE-Schenkel der Kette hindurch verfolgen.

Grundlegende Bedeutung für den Bau der Caquerelle-Kette kommt dem Bruch B 5 zu, an welchem, wie oben ausgeführt wurde, im N-Teil der Kette die Überschiebungen gegen W aufhören (vgl. Tafel I).

In der Fortsetzung gegen SSW zu entwickelt sich B 5 zu einer markanten tektonischen Linie — ich bezeichne sie als Störung von Montmelon —, welche die Caquerelle-Kette gegen W zu trennt von den mehr oder weniger E-W-streichenden Ketten des Clos du Doubs, von Champs de Souboz und von St-Brais. Diese Störung ist früher als Überschiebung gedeutet worden; die nachfolgenden Ausführungen aber ergeben, dass sie kinematisch im wesentlichen als Transversalverschiebung und genetisch als reaktiver rheintalischer Bruch B 5 zu deuten ist.

Im SE-Schenkel der Caquerelle-Kette wird die Tektonik durch die Brüche B 3 und B 4 beeinflusst. Der Schenkel ist überdies stark disharmonisch gefaltet.

Im nachfolgenden besprechen wir zunächst den Doggerkern, hierauf den SE-Schenkel und betrachten dann die Verhältnisse am W-Rand der Kette, im Gebiet der Störung von Montmelon. Endlich folgt noch eine kurze Erörterung der Ursachen, die das SSW-NNE-Streichen der Caquerelle-Kette bedingt haben.

##### a) Der Doggerkern der Caquerelle-Kette

Im S der Combe Chavat zeigt der Doggerkern — im Gegensatz zu den flachgelagerten Überschiebungsmassen des Malms — zunächst einen ausgeprägten N-Schenkel, ist also gegenüber dem Malm disharmonisch gefaltet (Profile 5, 6). Gegen S folgt, auf diesen N-Schenkel aufgeschoben, die flachgelagerte Doggerserie von Le Grenier. Der ganze Doggerkomplex wird von B 3 und B 4 durchschnitten.

Bei Le Grenier sind in den Dogger zwei Bachrunsen eingeschnitten, die in der Fortsetzung von B 3 und B 4 liegen. Die Untersuchung zeigt, dass es sich um Bruchtälerchen handelt. Bei fast flacher Schichtlage verläuft nämlich die Grenze Calcaire roux-Haupttrogenstein im E auf 780 bis 790 m, zwischen den beiden Tälerchen auf 830 bis 865 m, im W auf über 900 m. An einigen Punkten sind überdies die Bruchlinien direkt aufgeschlossen.

Im einzelnen wurden durch die Durchkreuzung von Brüchen und Faltung recht komplizierte Verhältnisse geschaffen, besonders an B 4. Im N durchschneidet dieser Bruch den 60° bis 70° N-fallenden Dogger-N-Schenkel und durchsetzt, meist gut aufgeschlossen, das Tälerchen von NNE nach SSW: Dalle nacrée im W trifft gegen E auf oberen Haupttrogenstein, Calcaire roux auf Acuminataschichten bis untern

Haupttrogenstein (vgl. Tafel I). Auf einer Strecke von ca. 100 m fehlen Aufschlüsse, doch muss die Störung weiterhin im W des Baches verlaufen, da in der Runse selbst bis auf Kote 730 m ein störungsfreies Profil von unterem Haupttrogenstein verfolgt werden kann. Hier werden die 19° S-fallenden Platten des unteren Haupttrogensteins durch eine N 80° W-streichende und 40° S-fallende Überschiebungsfläche abgeschnitten (Profil 6). Über dieser folgt der flachliegende Gewölbescheitel, beginnend mit eisenschüssigen dunklen Kalken und Mergeln des unteren Doggers (vgl. Karte Tafel I und das auf S. 4 beschriebene Profil).

Diese Überschiebung muss sich gegen E zu bis zum Bruch B 3 erstrecken, weil auch hier noch unterer Haupttrogenstein des Gewölbescheitels bis in die Nähe von schwach N-fallendem Calcaire roux des N-Schenkels vorgepresst ist. Eine Zone tektonischer Breccie, die an mehreren Stellen aus dem Gehängeschutt heraussticht, bezeichnet den Verlauf der Störungslinie.

Im E von B 3 fehlt hingegen jede Spur einer Überschiebung (Profil 5). Daraus folgt, dass bei der Jurafaltung der W-Flügel einen stärkeren Zusammenschub erfahren hat als der E-Flügel: auch hier ist B 3 als Gleitbahn grösseren Ausmasses reaktiviert worden.

Im Gegensatz zu B 3 verhielt sich dagegen B 4 bei der Faltung mehr passiv. Dieser Bruch wurde an der Überschiebung zerrissen und etwas verstellt (siehe Tafel I). Oberhalb der Überschiebungslinie wurde er dann reaktiviert, allerdings in geringerem Masse als B 3, indem der W-Flügel etwas stärker vorgepresst wurde. Dadurch kam eine Umkehrung des ursprünglichen Verwerfungssinnes zustande: während im N der Überschiebung von Le Grenier, sowohl im Malm als im Dogger, längs B 4 stets eine Versenkung des W-Flügels festzustellen ist, so ist dieser W-Flügel in der überschobenen Serie von Le Grenier gehoben worden.

Im W von B 4 verhindert eine ausgedehnte Schuttbedeckung jede exakte Beobachtung der näheren Verhältnisse des N-Schenkels, namentlich auch das Verfolgen der Überschiebung von Le Grenier, doch scheint diese bis zur Störung von Montmelon (B 5) weiterzuziehen. Ein kleines Vorkommen von Acuminataschichten auf 705 m, ca. 200 m W des am Bruche B 4 eingeschnittenen Baches, sowie ein schlechter Aufschluss von Calcaire roux und Dalle nacree auf 620 m Höhe, ca. 400 m W des Baches, lassen sich nämlich nach S zu mit dem hangwärts auftretenden unteren Haupttrogenstein kaum normal verbinden. Die Haupttrogensteinmassen, welche SW Combe Chavat-dessous über Rauracien und Naticaschichten geschoben sind, bilden demnach die W Fortsetzung des überschobenen Doggers von Le Grenier.

Vergleichen wir den Bau des Malms im N der Caquerelle-Kette mit dem des Doggers, so fällt uns eine ausgeprägte Disharmonie auf. Im Malm wurde die hauptsächliche Verkürzung durch die Überschiebung von Combe Chavat dessous-Noir Bois erreicht, wobei eine Verfaltung der Schichten kaum angedeutet ist. Im Dogger dagegen wurde die Verkürzung erreicht sowohl durch Faltung, indem nämlich ein N-Schenkel ausgebildet wurde, als auch durch die Überschiebung von Le Grenier. Ob die Malmüberschiebung von Combe Chavat dessous-Noir Bois den Dogger auch noch in Mitleidenschaft zieht, lässt sich nicht feststellen, doch könnte die Überschiebung, wegen der Ausbildung eines N-Schenkels im Dogger, nur geringe Bedeutung aufweisen (Profil 7).

Eine weitere Überschiebung lässt sich im Gewölbescheitel bei Chez Danville im NE von Montmelon feststellen. Der direkt NNE von Montmelon einsetzende Haupttrogenstein ist wechselnd in NE-SW- oder E-W-Richtung leicht gefaltet und zeigt längs der Störung von Montmelon (B 5) eine deutliche Mulde, deren Kern aus Calcaire roux besteht (Profil 11).

W von Chez Danville äussert sich die Überschiebung dadurch, dass dieser Calcaire roux von unterem Haupttrogenstein überlagert wird. Gegen E zu spitzt der Calcaire roux aus; die Überschiebung verrät sich hier aber durch die Doppelung der Acuminataschichten N Chez Basuel (Profil 9). Doch auch diese letzteren konvergieren gegen NE zu und vereinigen sich WNW P. 900, was auf ein Ausklingen der Überschiebung hinweist.

Über den Bau des Gewölbekernes der Caquerelle-Kette im SSW von Chez Danville lässt sich nur wenig aussagen, da der Haupttrogenstein grösstenteils abgetragen wurde und mit seinen Schuttmassen die tieferliegenden Schichten verdeckt. Die wenigen Beobachtungen, die sich hier anstellen lassen, werden später beschrieben bei der Besprechung der Störung von Montmelon (S. 27 u. ff.).

## b) Der SE-Schenkel der Caquerelle-Kette

Aus Tafel I ist ersichtlich, wie im Abschnitt Combe Chavat dessus—La Caquerelle—Combe des Tufs (oberer Teil) der oben beschriebene N-Schenkel der Caquerelle-Kette bogenförmig mit dem SE-Schenkel der Kette zusammenhängt, und zwar streichen die Malmschichten ungestört gegen SSW zu bis L'Ordon. Dabei lässt sich feststellen, dass dieser Schenkel WNW Séprais eine Steilzone aufweist und dann mit sehr flachem Einfallen gegen das Delsberger Becken abtaucht (Profil 4). Der Bruch B 2 lässt sich bis zur Roche au Vilain verfolgen; weiter gegen S zu endet er in mehreren Klüften, deren eine in den plattigen Kalken etwas tektonische Breccie mit Bolus führt. Vielleicht ist dem Einfluss des Bruches B 2 auch die kleine Ausbuchtung des SE-Schenkels im W von Le Bambois zuzuschreiben (vgl. Tafel III).

Bei L'Ordon durchschneidet B 3 den Malm. Der Verwerfungskontakt ist in einem alten Schützengraben auf Kote 950 m freigelegt. Unteres Mittelrauracien im W wird durch einige dm Reibungsbreccie von plattigen Kalken im E getrennt. Der Bruch verrät sich in seinem Verlauf gegen S auch weiterhin durch anomale Kontakte, Abschleppungen und das Auftreten von Reibungsbreccie. Auffällig ist überdies eine kleine Bolustasche in den Naticaschichten, die in unmittelbarer Nähe des Bruches liegt und mit den im stratigraphischen Teil beschriebenen «eoziänen Bildungen in Verwerfungsclüften» zu vergleichen ist.

Weiter gegen S zu, am Hang oberhalb La Couperie, verbirgt sich die Störung unter einer schuttbedeckten Geländemulde, die bis ins Delsberger Becken hinabreicht. Doch ist B 3 wahrscheinlich auch bei La Couperie noch vorhanden; denn die Oolithplatten des Obersequans setzen im W der erwähnten Schuttmulde ca. 100 m weiter südlich ein als im E der Schuttmulde. Dieser Verschiebungsbetrag dürfte allerdings z. T. durch Sackung bedingt sein: die Schichten des oberen Malms sind auf dem W-Flügel des vermuteten Bruches über den Naticaschichten abgeglitten und teilweise nach SE überkippt (Profil 9). Der Sackungsbetrag ist dabei am grössten in der Nähe von B 3; gegen SW zu klingt die Sackung aus und der Malm zeigt wieder das tektonisch bedingte steile SE-Fallen.

Im W von B 3 komplizieren sich die Verhältnisse. Wie die Tafel I zeigt, wird die Grenze oberes Rauracien/plattige Kalke zunächst durch zwei kleinere Brüche durchschert. Weiter SW folgt dann eine grössere Verwerfung, die sich gegen S zu gabelt. Sie ist offenbar die Fortsetzung von B 4. Ihren östlichen, wichtigeren Ast bezeichne ich weiterhin mit B 4, den westlichen mit B 4'.

Der östliche Ast B 4 verrät sich zunächst am W-Rand der Weide von L'Ordon in einer grösseren Verstellung der Grenze plattige Kalke/oberes Rauracien. Weiter südlich lässt sich der Bruch dann fassen an der Strassenbiegung ca. 100 m NE P. 818,05: hier schneidet die obere Böschung ca. 50° SE-fallende Naticaschichten an, während unterhalb der Strasse ähnlich gelagerte plattige Kalke auftreten. Eine Doppelung von Humeralisschichten und Verena-Oolith im oben erwähnten leicht versackten oberen Malm von La Couperie zeugt von einer weiteren Fortsetzung des Bruches bis ins Kimmeridge hinein (Profil 10).

Der westliche Ast B 4' des Bruches (auf den Profilen nur im Malm eingezeichnet) verläuft fast im Schichtstreichen und verwirft auf dem Kamm NE Montruesselin mittleres Rauracien im NW gegen plattige Kalke im SE (Profil 9). Ca. 400 m NNE Montruesselin scheint B 4' in die verschuttete, aber jedenfalls zu schmale Zone der Naticaschichten zu wechseln (Profil 10). Eine Besprechung der weiteren Fortsetzung von B 4 und B 4' folgt später (S. 26) bei der Besprechung des Profils der Combe du Bé.

E Montruesselin kippt der Malm erneut auf einer Strecke von 700 m nach SE über, und zwar gilt dies bis zur Strassenkehre SE des Hofes nur für die Serie über dem oberen Rauracien, W davon aber für die ganze Schichtfolge über dem Oxfordien (Profil 11). Das Oxfordien ist hier zwischen dem überkippten Malm und dem normal S-fallenden Dogger zu übernormaler Mächtigkeit angehäuft. Auch in diesem Abschnitt hat somit, wie im Gebiet der Combe Chavat (S. 24) stark disharmonische Faltung stattgefunden.

Eine ähnliche Erscheinung disharmonischer Faltung beschreibt F. MATHEY (Lit. 43) vom Tunnelprofil des Glovelier-Tunnels (vgl. Fig. 3). Beim Bau dieses Tunnels wurde nämlich der Malm in mässiger S-fallender Lagerung angetroffen. Darunter folgte das Oxfordien in anomaler Anhäufung und endlich der Dogger in senkrechter Stellung. MATHEY glaubte, die disharmonische Faltung sei durch sekundäres Abgleiten des Malmmantels unter der eigenen Schwere zu erklären. Doch haben seither zahlreiche weitere

Beispiele disharmonischer Faltung im Jura bewiesen, dass es sich um eine Erscheinung handelt, die während der Faltung eingetreten sein muss.

Die Überkipplungszone von Montrousselin endet im SW an einer tektonischen Depression, die in W-E-Richtung, von Le Bosnier nach La Charmeté, die Antiklinale einschnürt. Diese Verhältnisse lassen sich am besten aus der Strukturkarte (s. Tafel III) ersehen.

Im SW dieser Depression weist der SE-Schenkel der Caquerelle-Kette einen veränderten Bau auf. An den eigentlichen, gradlinig und regelmässig gegen SSW zu streichenden SE-Schenkel fügt sich im Gebiet von Pâturage du Droit-La Morée eine ziemlich flache Vorwölbung an (Profile 13 bis 16). Über ihre Struktur orientiert das Profil der Combe du Bé im NW von Glovelier (vgl. Profil 14). Wichtig ist, dass hier der Nachweis zweier Brüche gelingt:

1. Eine bedeutende, steil WNW-fallende Störung quert ca. 1 km WNW Glovelier die Combe auf ca. 605 m. Sie ergibt sich aus der Doppelung der Mumienbank und der Obersequan-Oolithe. Die Sprunghöhe von etwa 60 m zeigt die Bedeutung des Bruches; Verwerfungssinn, Lage und Richtung sprechen für einen Zusammenhang mit B 4. In den Kimmeridgegebieten im N und S der Combe du Bé ist der Bruch nur anhand von Breccienspuren einigermaßen zu erkennen (besonders an der Landstrasse Glovelier-St-Brais). In ihrem Zusammenhang nicht näher verfolgte Störungstücke in der Verlängerung von B 4 weisen auf eine mögliche Fortsetzung dieses Bruches bis S Saulcy (Blatt Undervelier).

2. Eine kleinere Störung quert den Bach etwas weiter oben, auf 670 m. Sie ist mit Sicherheit nur auf der NE-Seite nachweisbar. Ihre Sprunghöhe mag hier etwa 10 m betragen. An dem Bruch erscheinen die plattigen Kalke des E-Flügels lokal steil abgeschleppt; den Bruch begleitet eine Reibungsbreccie, die z. T. rot gefärbt ist (vgl. «Eozäne Bildungen in Verwerfungsklüften», S. 11). Auf das Vorhandensein des Bruches auch im SW der Combe deutet die etwas zu hohe Lage der Mumienbank auf dem W-Flügel; die weitere Fortsetzung gegen SSW ist gekennzeichnet durch eine schwach ausgeprägte Breccienzone sowie durch ein Vorkommen roter Verwerfungsbreccie an der Strasse Glovelier-St-Brais. Die geologische Aufnahme wird hier aber durch die stratigraphische Wiederholung ähnlicher Oolithbänke innerhalb des oberen Malms erschwert.

Das Tunnelprofil von MATHEY verzeichnet keinen dieser Brüche, obwohl der grössere zweifellos den Tunnel quert, aber nicht beachtet worden ist. MATHEYS Tunnelprofil zeigt nämlich eine Mächtigkeit des oberen Malms (oberes Sequan und Kimmeridge) von 300 m (vgl. Fig. 3), während in der Combe du Bé etwa 170 m gemessen werden können. Es darf somit auch im Tunnelprofil allerhöchstens mit einer Mächtigkeit des oberen Malms vom 200 m gerechnet werden. Unter Annahme dieser Mächtigkeit habe ich in Figur 3 versucht, MATHEYS Tunnelprofil umzudeuten und den Bruch B 4 einzuzichnen. Daraus folgt eine Doppelung der Naticaschichten im Tunnelprofil, die allerdings von MATHEY nicht beachtet wurde, wahrscheinlich weil ein Teil des Tunnels schon vermauert war, als er diesen zum erstenmal besuchte.

Bei der Profilkonstruktion wurde ferner angenommen, der kleinere der beiden Brüche der Combe du Bé entspreche der Fortsetzung von B 4'. Eine Stütze findet diese Annahme dadurch, dass MATHEY im Rauracien des Tunnelprofils eine Bolustasche angetroffen hat, von der er schreibt:

«Vers le milieu de l'étage on a rencontré une assez forte poche d'argile sidérolithique; tout à côté il s'en trouvait une autre renfermant une espèce de boue noire mélangée de sable et de rognons calcaires.»

Diese Beschreibung passt gut auf die eozänen Bildungen in Verwerfungsklüften, wie sie im stratigraphischen Teil besprochen worden sind, so dass die Annahme berechtigt ist, es handle sich um die Verwerfungskluft des Bruches B 4'.

In der überkippten Serie von Montrousselin sind die Brüche allerdings nicht feststellbar, doch ist dies auf die lithologische Eintönigkeit des oberen Malms und auf die schlechten Aufschlussverhältnisse zurückzuführen.

#### **Das Verhältnis der Brüche zur Faltung im SE-Schenkel der Caquerelle-Kette**

Nach dem Kartenbild zu urteilen, haben schwache Scherbewegungen an B 3 bis ins Delsberger Becken nachgewirkt, obwohl die eigentliche Reaktivierung des Bruches zur nach N gerichteten Transversalverschiebung erst mit der Überschiebung von Le Grenier einsetzt.

SE

NW

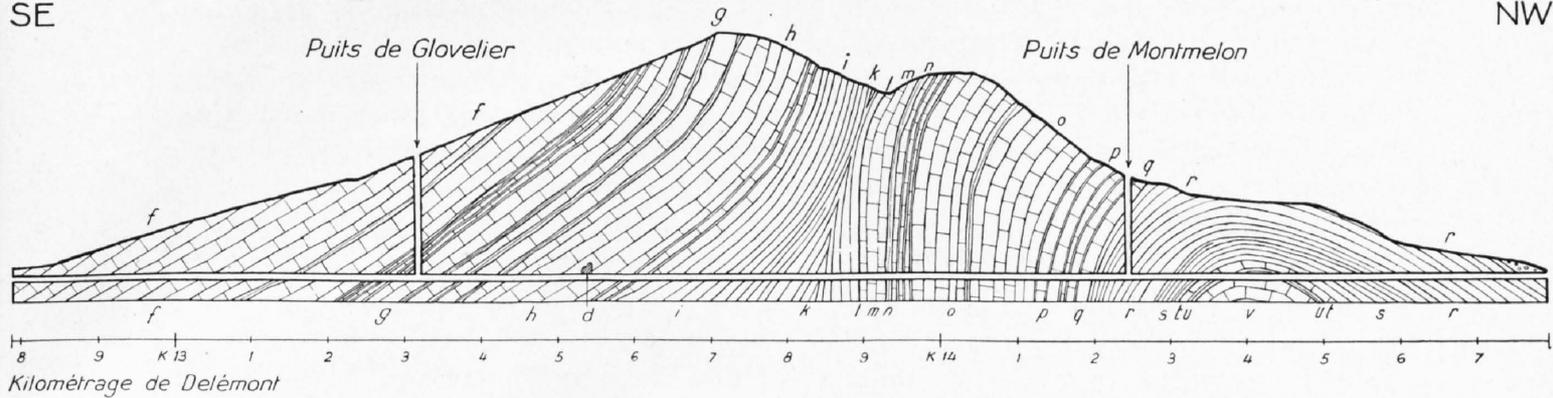


Fig. 3a. Das Profil des Glovelier-Tunnels nach F. Mathey (1883)

d = Sidérolithique, f = Ptérocérien, g = Astartien, h = Corallien, i = Oxfordien supérieur, k = Oxfordien à fossiles pyriteux, l = Couche à Ammonites ornatus, m = Dalle nacrée, n = Couche à Ammonites macrocephalus, o = Bathonien, p = Couche à Ammonites Humphriesianus, q = Couche à Ammonites Murchisonae, r = Couche à Ammonites opalinus, s = Lias supérieur et moyen, t = Calcaire à Gryphées, u = Rhétien, v = Keuper

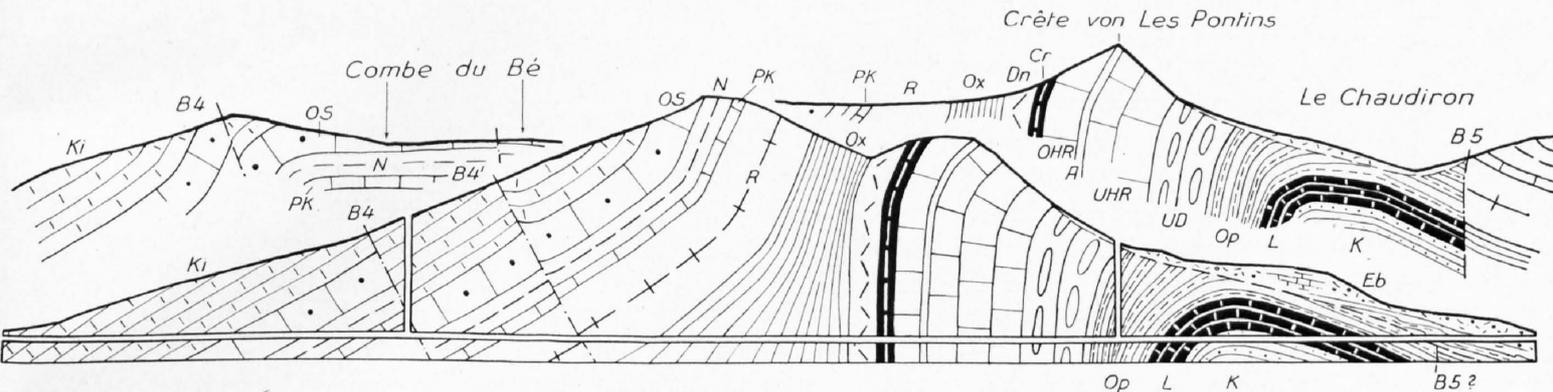


Fig. 3b. Neue Interpretation des Tunnelprofils nach den Befunden in der Combe du Bé

Eb = Schutt, Ki = Kimmeridge, OS = Obersequan, N = Natica-Schichten, PK = Plattige Kalke, R = Rauracien, Ox = Oxfordien, Dn = Dalle nacrée, Cr = Calcaire roux, OHR = Oberer Hauptrogenstein, A = Acuminata-Schichten, UHR = Unterer Hauptrogenstein, UD = Unterer Dogger, Op = Opalinuston, L = Lias, K = Keuper, B 4, B 4', B 5 = Brüche

Die Brüche B 4 und B 4' dagegen haben sich bei der Jurafaltung offenbar passiv verhalten, so dass sie mit den Schichten verfaultet wurden.

Ein guter Einblick in das Verhalten rheintalischer Elemente während der Jurafaltung lässt sich im oberen Sequan an der Bergstrasse südlich L'Ordon gewinnen. An den öfters mit Rutschharnischen versehenen Schichtflächen sind rheintalische Klüfte zerrissen und verschoben. Die einzelnen Schichten verhielten sich also wie die Blätter eines gebogenen Buches: sie dienten während der Faltung als Ausgleichsflächen.

In ungleich höherem Masse als die starren Kalkbänke wurde während der Faltung das plastische Oxfordien zum Ausgleich benützt; das disharmonische Verhalten von Malm und Dogger beweist dies deutlich. Das zeigt sich auch an der südlichen Fortsetzung der im Dogger von Le Grenier festgestellten Brüche: sie setzen sich nicht geradlinig durch die Oxfordcombe fort, sondern erscheinen bei ihrem Wiedereinsetzen im Rauracien um etwa 50 m nach W verschoben. Nimmt man an, die Brüche hätten vor der Faltung das Oxfordien geradlinig durchsetzt, so ergibt sich daraus eine NW-Bewegung des Malms gegenüber dem Dogger um über 50 m. Diese Überlegungen wurden bei der Profilkonstruktion verwertet.

### c) Die Störung von Montmelon

Wie die tektonische Karte Tafel I zeigt, ist der Kern der Caquerelle-Kette gegen W zu durch eine fast geradlinig NNE-SSW-verlaufende tektonische Linie begrenzt, die als Störung von Montmelon be-

zeichnet wurde. An diese Linie stossen von W her die Antiklinalen des Clos du Doubs, von Champ de Souboz und von St-Brais (vgl. auch Fig. 1, S. 18).

N Montmélon scheinen bei oberflächlicher Betrachtung die Überschiebungen von Combe Chavattessous-Malrang-Noir Bois und von Le Grenier in diese Störung überzugehen. LINIGER und WERENFELS (Lit. 41) glaubten deshalb, eine einheitliche Überschiebungslinie von Les Rangiers bis SW Montmélon annehmen zu müssen. Eine eingehende Kartierung ergibt aber ein anderes Bild.

Ausgehend von La Couperie (2,25 km E St-Ursanne, vgl. Tafel I) lässt sich gegen SW zu folgendes feststellen:

Der Haupttrogenstein der Caquerelle-Kette stösst im W direkt an den Malm-N-Schenkel der Clos du Doubs-Kette, und zwar zunächst an das Kimmeridge. Dieses ist an der Störung weitgehend tektonisch zertrümmert und lässt keine Schichtung mehr erkennen. Weiter gegen SW zu folgen — immer noch zum N-Schenkel der Clos du Doubs-Kette gehörend — Obersequan-Oolithe, Naticamergel und plattige Kalke. Auch diese Schichten sind zum Teil tektonisch zermalmt, lassen aber an einigen Stellen überkippte Lage erkennen, die auf eine SE-NW-gerichtete Druckkomponente zurückzuführen ist. Diese Druckkomponente entstand, wie später (S. 29) gezeigt werden soll, als die Caquerelle-Kette längs der Störung von Montmélon nach NNE gepresst wurde.

Weiter S-wärts, gegen Montmélon zu, stossen SE Sévay Scheitel und S-Schenkel der Clos du Doubs-Kette direkt an den Haupttrogenstein-Kern der Caquerelle-Kette (Profil 11). Der Scheitel der Clos du Doubs-Kette besteht aus fast flachliegenden plattigen Kalken, die aber intensiv zerklüftet sind und deshalb Saigerstellung vortäuschen können. In ihrem S-Schenkel ist nur das Rauracien erhalten.

Der bis Montmélon nachweisbare, trotz erheblichem topographischem Relief fast geradlinige Verlauf der Störung zeigt, dass die Störungsfläche in diesem Abschnitt senkrecht einfallen muss. Festzuhalten ist ferner, dass der an die Störung anstossende Haupttrogenstein nicht als NW-Schenkel der Caquerelle-Kette aufgefasst werden darf; er entspricht vielmehr dem NW-Teil ihres Scheitels und bildet zugleich die Unterlage der Überschiebung von Chez Danville. Aus diesen Feststellungen folgt eindeutig, dass die Störung von Montmélon nicht als Überschiebung, sondern als Bruch aufzufassen ist.

Bei Montmélon und südlich davon ist die Störung von Schutt überdeckt. Sie dürfte sich aber geradlinig fortsetzen; denn auch bei Le Chaudiron, wo sie wieder zutage tritt, steigt sie geradlinig — wenn auch etwas mehr gegen SW zu gerichtet — den Hang gegen La Seigne dessous hinan. Eine Ausbuchtung nach W, wie sie WERENFELS SW Montmélon annimmt (Lit. 41, Figur), halte ich für unwahrscheinlich. Die Rauracienklötze in SW des Tunnelportals, die eine Ausbuchtung andeuten sollen, sind meines Erachtens abgesackt (vgl. Tafel I)<sup>1)</sup>.

Das Tälchen von Le Chaudiron und seine Fortsetzung gegen La Seigne dessous dürfte durch die Opalinustone bedingt sein. Diese lassen sich zwar nicht direkt nachweisen, sind jedoch an der starken Verlehmung wie an den vielen Rutschungen und endlich an verschwemmten dunklen, glimmerführenden Mergeln zu erkennen. Jedenfalls konnte ich nirgends Chaillen feststellen, und die Annahme von WERENFELS, es sei auch Oxfordien im Bereich des Tälchens vertreten (Lit. 41, Figur), kann sich allein auf spärliche Vorkommen von Crinoiden und Cidaridenstacheln führendem unterem Mittelrauracien stützen. Dieses ist jedoch tektonisch zertrümmert und gehört zur Basis des ganz auffällig abgeschnittenen W-Hanges des Tälchens, welcher seiner ganzen Ausdehnung entlang tektonische Breccie führt, z. T. solche, die durch Bolus rotgefärbt ist. Das Rauracien stösst längs der Störung von Montmélon offenbar direkt an die Opalinustone.

Die Störungsfläche scheint hier etwas gegen SE geneigt zu sein, nach häufigen, bis 50° SE-fallenden Scherflächen zu schliessen (Profil 14). Ein eigentlicher NW-Schenkel der Caquerelle-Kette fehlt aber auch

<sup>1)</sup> Nach den Angaben von WERENFELS und einem von ihm zitierten Exkursionsbericht vom 7. November 1915 sollen am nördlichen der beiden Klötze marmorisierte Fetzen von Haupttrogenstein kleben, im E gefolgt von unterem Dogger. Nach meinen Nachprüfungen sind diese Verhältnisse aber keineswegs eindeutig. Die Haupttrogensteinnatur der etwas gequetschten Kalke ist zweifelhaft; der untere Dogger besteht aus losem Schutt und ist, wie der übrige Schutt im Kessel von Montmélon, aus dem SE-Schenkel der Caquerelle-Antiklinale herzuleiten. Aber auch wenn ein normaler Störungskontakt vorläge, so würde dies nicht die Annahme einer Ausbuchtung der Störungslinie rechtfertigen. Vielmehr wäre auch dann eher anzunehmen, die Rauracienklötze seien samt den anhaftenden Schubfetzen als Sackungsmasse zu deuten.

hier. Das Aufbiegen der Malmschichten im NE von La Seigne dessous gegen die Störung zu ist gering. Es kann — wie das oben beschriebene Verhalten des Malm-N-Schenkels der Clos du Doubs-Kette — auf eine schwache gegen NW gerichtete Druckkomponente zurückgeführt werden<sup>1)</sup>. Festzuhalten ist jedenfalls, dass die grosse Bachrunse SW von La Seigne dessous in eine ca. 60 m mächtige Folge flach gelagerter Kimmeridgeplatten eingeschnitten ist, und zwar in unmittelbarer Nähe der ziemlich verschütteten Unterdogger-Opalinuston-Zone.

Auf diese Kimmeridgeplatten legen sich, gegen La Seigne dessous zu, wirr und zusammenhangslos Massen von unterem Dogger, korallenführendem Hauptrogenstein, fraglichem Calcaire roux und Dalle nacrée.

Diese Doggermassen halte ich für gesackt; denn sie liegen gegenüber dem Doggerscheitel der Caquerelle-Kette viel zu tief, und ausserdem weisen die Kimmeridgeplatten, welche die Unterlage der Sackungen bilden, keine tektonische Beanspruchung auf. Solche Sackungen können längs der Störung von Montmelon schon während des Faltungsschubes eingesetzt haben, weil hier das Kimmeridge kaum von mächtigeren tertiären Ablagerungen bedeckt war.

SW La Seigne dessous verläuft die Störung bis über den Blattrand hinaus in einer Geländesenke, die meist von Schutt und Lehm bedeckt ist. Das Aneinanderstossen von Opalinustonen und Kimmeridge verrät sich hier durch einen Dolinenzug, der sich bis La Seigne du Milieu verfolgen lässt. Ausserdem ist die Störung bis über den Blattrand hinaus erkennbar an einigen Paketen brecciösen Malms, die sich in der erwähnten Geländemulde nachweisen lassen.

Die Störung von Montmelon greift mit gleichbleibender Intensität auf Blatt Undervelier über. Hier wurde zwar die Fortsetzung der Geländesenke von La Seigne du Milieu von L. ROLLIER (Lit. 76) und M. BIRKHÄUSER (Lit. 5) als Oxfordcombe kartiert. In Wirklichkeit ist aber kein Oxford vorhanden. Vielmehr stösst auf der Montagne de Sceut der Hauptrogenstein des Scheitels der Caquerelle-Kette mit leichtem SE-Fallen gegen den E-W-streichenden Malm-N-Schenkel der St-Brais-Kette. Dieser wird somit in gleicher Weise abgeschnitten wie weiter nördlich die Ketten des Clos du Doubs und von Champ de Souboz. Die bisherige Annahme, die St-Brais-Kette biege bei Sceut in die Caquerelle-Kette ein, lässt sich nicht aufrechterhalten; diese Ketten sind vielmehr als getrennte Einheiten zu betrachten (vgl. Fig. 1, S. 18).

#### Die Bewegungsrichtung längs der Störung von Montmelon

Wie oben ausgeführt wurde, zeigt die Störung von Montmelon steiles bis senkrecht einfallendes und ist deshalb als Bruch, nicht als Überschiebung zu deuten. Ausserdem wurde gezeigt, dass sie die mehr oder weniger E-W-streichenden Ketten des Clos du Doubs, von Champ de Souboz und von St-Brais im E abschneidet und damit gänzlich verschiedenartig gefaltete Gebiete trennt: im W der Störung wird die Verkürzung in S-N-Richtung durch die Auffaltung der erwähnten drei Antiklinalen erreicht, im E der Störung dagegen konzentriert sich diese Verkürzung auf den nördlichsten Abschnitt der Caquerelle-Kette. Daraus ergibt sich, dass der E-Flügel der Störung von Montmelon gegenüber dem W-Flügel nach N verschoben worden ist. Die Störung von Montmelon ist also ihrer kinematischen Bedeutung nach eine Transversalverschiebung.

Nach N zu behält die Störung diesen Charakter bis etwa in die Gegend von La Couperie. Dann erzeugt der NNE-Schub die früher beschriebenen Überschiebungen von Le Grenier, Combe Chavat-Noir Bois und Pierre de l'Autel; als erste Auswirkung zeigt sich die Doggerüberschiebung von Chez Danville.

Durch die Schubkräfte entstehen auch an den Brüchen B 4 und B 3 Transversalverschiebungen; im besonderen sind diese sehr beträchtlich an B 3 im Abschnitt N Le Grenier, also östlich der Stelle, von welcher an gegen N die Störung von Montmelon aufhört als Transversalverschiebung zu wirken. Auf

<sup>1)</sup> Eine entsprechende Andeutung eines NW-Schenkels im Keuper-Lias-Kern der Caquerelle-Kette findet sich in dem von F. MATHÉY gegebenen Profil des Glovelier-Tunnels (Lit. 43, vgl. auch Fig. 3, S. 27). Die Entstehung dieses «NW-Schenkels» ist auf die gleiche Weise zu erklären wie das Aufbiegen des Malms NE von La Seigne dessous. Dabei ist aber zu beachten, dass sich eine solche Verbiegung im Dogger nicht feststellen lässt, so dass sich also der Keuper-Lias-Kern der Antiklinale gegenüber dem Dogger disharmonisch verhalten haben könnte.

Tafel III lässt sich schön erkennen, wie mit dem Einsetzen der Überschiebungen von Le Grenier und Combe Chavat die transversale Bewegung von der Störung von Montmelon auf den Bruch B 3 übergeht. Es liegt also eine zwar räumlich gestaffelte, kinematisch jedoch einheitliche Transversalverschiebung vor, die von Sceut her über Montmelon–La Couperie–Le Grenier–La Caquerelle–Bellevue (s. Fig. 2, S. 20) verläuft, und auf deren E-Flügel eine beträchtliche relative N-Bewegung der Schichten stattfand.

### Der Zusammenhang der Störung von Montmelon mit dem rheintalischen Bruch B 5

Wie Tafel I zeigt, liegt die Störung von Montmelon in der südlichen Fortsetzung des rheintalischen Bruches B 5. Dies berechtigt dazu, einen direkten Zusammenhang der beiden tektonischen Linien anzunehmen. Die Störung von Montmelon ist also nichts anderes als der rheintalische Bruch B 5, der beim späteren Zusammenschub des Kettenjuras zur Transversalverschiebung reaktiviert wurde.

Mit dieser Deutung stehen auch die Beobachtungen im Einklang, die sich im Tälchen von Les Gripons (SW Combe Chavat-dessous) machen lassen (vgl. Fig. 4).

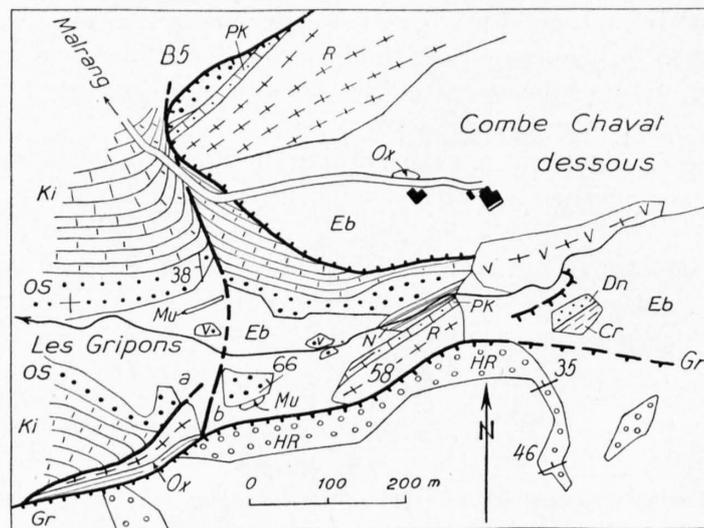


Fig. 4. Geologische Kartenskizze 1:10 000 des Tälchens von Les Gripons

Eb = Schutt	PK = Plattige Kalke
v = gesackt	R = Rauracien
Ki = Kimmeridge	Ox = Oxfordien
OS = Obersequan	Dn = Dalle nacrée
Mu = Mumienbank	Cr = Calcaire roux
N = Natica-Schichten	HR = Hauptrogenstein
	Gr = Überschiebung von Le Grenier

Über die Brüche a und b und die Überschiebung von Combe Chavat-dessous siehe Text

Am nördlichen Hang des Tälchens tritt eine Störung auf, welche im W von einer flexurartigen Aufbiegung der Obersequan-Oolithe begleitet ist. Sie ist nach dieser Eigenschaft wohl als Fortsetzung des Bruches B 5 aufzufassen; denn auch weiter im N, E Malrang, zeigt sich am Bruch B 5 ein flexurartiges Aufbiegen der Obersequan-Oolithe gegen das Kimmeridge.

Am südlichen Hang des Tälchens lassen sich zwei Störungen nachweisen. Die westliche (a in Fig. 4) trennt steilstehenden «Oolithe pisiforme» des unteren Mittelrauracien (im S) von flachem, nur in der Nähe der Störung verbogenem Kimmeridge (im N); sie verläuft über eine kurze Strecke fast parallel zum Ausbiss der Überschiebung von Le Grenier. Ich fasse diese Störung a als weitere Fortsetzung von B 5 auf; sie vermittelt nach dieser Deutung den Zusammenhang zwischen B 5 und der Störung von Montmelon.

Etwa 50 m NE des erwähnten Oolithe pisiforme liegt in seinem Streichen eine Fluh von steilstehendem Obersequan; offenbar verläuft zwischen dem Oolith und dem Obersequan eine Störung

(b der Fig. 4). Ob sie als ursprüngliche Gabelung des Bruches B 5 oder als junge, durch die Wirkung des faltenden Schubes aufgerissene Störung zu deuten ist, kann nicht entschieden werden.

#### **Die SSW–NNE-Streichrichtung der Caquerelle-Kette** (vgl. Fig. 1, S. 18)

Um das auffällige SSW–NNE-gerichtete Streichen der Caquerelle-Kette zu erklären, liegt es nahe, diese Kette mit den ähnlich streichenden Querfalten von Develier und von Vicques im Delsberger Becken und den nach SSW abgeschleppten W-Enden der Bürgerwald- und der Blochmont-Kette zu vergleichen. Für diese Querfalten konnte alttertiäre Anlage nachgewiesen werden (Lit. 39, 61). Die Vermutung liegt deshalb nahe, auch die Caquerelle-Kette sei alttertiär angelegt worden.

Diese Auffassung findet aber keine direkte Stütze in den Feldbeobachtungen. Die dürftigen Aufschlüsse in tertiären Sedimenten längs des SE-Schenkels der Caquerelle-Kette lassen keine Beeinflussung der tertiären Sedimentation durch eine NNE–SSW-streichende Falte erkennen. Die im stratigraphischen Teil beschriebenen, lokal nachweisbaren konglomeratischen Bildungen an der Basis der Molasse alsacienne SW Glovelier sowie die diskordante Anlagerung der Molasse an das Kimmeridge in dieser Gegend können ebensogut durch die Brüche B 3 und B 4 bedingt sein.

Es ist aber — auch wenn die Caquerelle-Kette nicht durch eine alttertiäre Wellung vorgebildet war — mit einem bestimmenden Einfluss der alttertiären Tektonik auf die Bildung der Kette zu rechnen. Ich möchte dies in den folgenden Ausführungen darlegen.

Zunächst wenden wir uns den tektonischen Verhältnissen zu, wie sie vor Beginn der Jurafaltung im Gebiet der heutigen Caquerelle-Kette bestanden haben. Wie H. LINIGER (Lit. 39) nachgewiesen hat, war das Delsberger Becken schon im Alttertiär vorhanden. Es wurde während des Oligozäns mit ziemlich mächtigen Sedimenten (bis über 200 m) angefüllt. Gegen die heutigen Beckenränder zu wird die Sedimentserie immer dünner, und die spärlichen Reste tertiärer Sedimente im W des Beckens lassen darauf schliessen, dass dort nur in geringem Masse tertiäre Sedimentation stattfand. Das Delsberger Becken in seiner heutigen Form bildet also einen Bestandteil der alttertiären Tektonik, der, ohne grosse Veränderung zu erfahren, in die jungtertiäre Jurafaltung eingebaut wurde und deshalb den Verlauf der Ketten tiefgehend beeinflussen musste.

Aus diesen Verhältnissen ist auch die Tektonik am W-Rand des Beckens, im Gebiet der heutigen Caquerelle-Kette, zu erklären. Denn während das Delsberger Becken von der Faltung nicht ergriffen wurde, erfuhr die Schichtserie im W des Beckens Faltung und damit oberflächliche Verkürzung. Aus diesem verschiedenen Verhalten ergab sich eine relative Nordbewegung des ganzen Beckens gegenüber dem W angrenzenden Gebiet. Als Gleitbahn für diese Bewegung wurden hauptsächlich die bereits vorhandenen rheintalischen Brüche B 3 und B 5 verwendet. Da diese Brüche aber in NNE–SSW-Richtung verlaufen, also schief zum N–S-gerichteten faltenden Schub dieser Gegend, so trat eine Zerlegung der Bewegung in zwei Komponenten ein. Die grössere dieser Komponenten bewirkte die Transversalverschiebungen längs der Brüche sowie die Überschiebungen im N der Caquerelle-Kette. Die kleinere Komponente dagegen führte zur Auftaltung des SE-Schenkels der Caquerelle-Kette.

#### **5. Der S-Schenkel der Mont Terri-Kette im Abschnitt Côte du Frêne–Outremont**

Wie schon früher erwähnt, lässt sich die Vorburg-Kette im W des Bruches B 5 nicht mehr nachweisen; sie fügt sich in der Nähe dieses Bruches in den S-Schenkel der Mont Terri-Kette ein. Im allgemeinen zeigt dieser Schenkel gleichförmiges Einfallen von 50 bis 60° nach SE; er wird indessen schon 1 km westlich der Côte du Frêne von zwei weiteren Brüchen durchsetzt (B 6 und B 6').

Der östliche dieser Brüche (B 6) erreicht über Les Grangeattes den grossen Querbruch, der nach P. KELTERBORN (Lit. 32; vgl. auch Lit. 41 und 75) die Mont Terri-Kette von Pleujouse nach Montgremay durchschneidet. Er ist N des Kartengebietes, bei Les Grangeattes, leicht zu erkennen an der Felswand, welche durch die Dalle nacrée des gehobenen E-Flügels gebildet wird. Die Grenze Oxfordien-Rauracien durchstösst er spitzwinklig, ohne sich eindeutig fassen zu lassen. Dagegen tritt er weiter S wieder klar zutage, wo die plattigen Kalke des W-Flügels fast 100 m nach N verschoben sind. Mumien-

bank und plattige Kalke streichen gegeneinander an, bleiben aber getrennt durch ein schmales Paket in N-S-Richtung verbogener Naticaschichten (Profil 9). Zum selben Paket scheinen auch, ca. 100 m weiter S, einige Platten von oberem Sequan zu gehören, die weder mit der östlich noch mit der westlich anschliessenden Serie verbunden werden können. (Dieses obere Sequan ist auf der tektonischen Karte Tafel I nicht dargestellt.)

Im oberen Malm — ca. 300 m E von Brunefarine — ist der Bruch nicht so leicht zu erkennen, doch weist auch hier die Lagerung der Schichten auf die Fortsetzung von B 6 hin. In der Verlängerung von B 6 biegen nämlich Mumienbank, Obersequan und Kimmeridge des E-Flügels nach SW um und kippen gleichzeitig nach SE über. Sie sind im W von einigen Anrissen normalliegender, von Obersequan überlagerter Naticaschichten begleitet; der Bergabhang wird also auch hier von einer Störung, entweder von einem Bruch oder aber von einer scharfen Knickung durchsetzt.

Die Verwerfung B 6 tritt dann am W Abbruch des Plateaus von Malrang wieder aufs klarste zutage, indem die Felsbänder der plattigen Kalke (Grenze Rauracien/Séquanien) und des oberen Sequans aneinanderstossen.

Auch auf der S-Seite des von Les Gripons herkommenden Tälehens zeigt die Kante der plattigen Kalke eine deutliche Verwerfung. Der E-Flügel ist am Fusse des Hanges noch als abgeschlepptes Paket zu erkennen, welches gegen E unter die Talsohle abtaucht. Der östliche Teil ist damit gegenüber dem fast flach talauswärts streichenden westlichen Felsband um 20 bis 40 m versenkt.

200 m westlich des Bruches B 6 stösst NE Brunefarine die Schichtfolge plattige Kalke/oberes Sequan direkt an Rauracien, was zur Annahme eines zweiten Bruches (B 6') zwingt. Dieser zerreisst noch deutlich die Grenze Oxfordien-Rauracien, bleibt aber gegen N zu im Dogger ohne Fortsetzung. Es ist ungewiss, ob der Malm disharmonisch zerbrochen ist oder ob eine Verbindung schief durch die Oxfordcombe mit dem Bruch B 6 im Dogger von Les Grangeattes besteht (vgl. S. 31).

Im S wird der Bruch B 6' verdeckt durch eine grosse Sackung von Kimmeridge und oberem Sequan, die sich bei Brunefarine losgelöst und eine deutliche Abrissnische zurückgelassen hat. Doch ist B 6' südlich der Sackungsmasse wieder feststellbar in einer Verwerfung, welche ca. 200 m E des Bahnhofes von St-Ursanne verläuft und im E-Flügel flaches Rauracien und plattige Kalke der Mulde von St-Ursanne um ca. 30 m senkt (Lit. 41). Eine gebogene Bruchfläche mit z. T. etwas rotgefärbter Breccie (vgl. S. 11) ist hier an der oberen Böschung der Landstrasse freigelegt. Es ist indessen nicht zu entscheiden, ob diese Kluft die Hauptbewegungsfläche darstellt.

Im übrigen Teil des Plateaus von Brunefarine sind die Malmschichten ungestört. Die flach S-fallenden, nur im Kimmeridge z. T. etwas gewellten Platten der Muldensohle richten sich im N Teil des Plateaus unvermittelt zum steil S-fallenden S-Schenkel der Mont Terri-Kette auf (Profil 10 und 11).

Am W-Hang des Plateaus wird das Rauracien des Schlossfelsens von St-Ursanne von einer grösseren, NNE-gerichteten Störung abgeschnitten, die über dem Portal des kleinen Tunnels deutlich erkennbar ist (vgl. Lit. 41). Die Schichten sind dabei nicht bloss vertikal verworfen. Die beiden Flügel des Bruches zeigen vielmehr auch verschiedene Schichtlage: während auf dem E-Flügel noch S-Fallen von 24° und weniger zu messen ist, fällt der W-Flügel in derselben Richtung mit 50° bis 60° ein.

Bei Les Grangeattes tritt der Dogger-S-Schenkel der Mont Terri-Kette auf Blatt St-Ursanne über (vgl. Tafel I). Er bildet bis W Outremont eine ungestörte, gleichmässig mit 20° bis 30° gegen S einfallende Schichtplatte. Gegen W zu werden dabei immer ältere Schichten blossgelegt. Dies lässt sich schon von weitem gut erkennen, da die weichen Mergelzonen des Calcaire roux, dann weiter im W die der Acuminataschichten und endlich die des unteren Doggers als Wiesenstreifen den sonst bewaldeten Hang unterbrechen.

Bei Outremont beginnt dann ein grösseres Sackungsgebiet, das sich über mehr als einen Kilometer nach W und SW erstreckt und Beobachtungen über den Bau des Gebietes verhindert. Die SE-fallende Hauptrogensteinflanke ist hier über den mergeligen Schichten des unteren Doggers gegen das Tälehen von Rière le Château zu abgeglitten und hat sich dabei in mehrere Sackungspakete aufgelöst. Outremont selbst liegt auf einer Sackungsterrasse von stark zerrütteten und in Schutt zerfallenen Hauptrogensteinmassen, die über den Bachgraben von Rière le Château hinaus bis an den Fuss des Rauracien von Brunefarine vorgedrungen sind und sekundär vom Bach wieder durchschnitten wurden

(Profil 12). Im W von Outremont tritt dann — wohl infolge von Erosion und Absackung des Rogensteins — am ganzen Hang oberhalb 650 m eisenschüssiger plattiger Spatkalk, etwa vom Niveau der Sauzeischichten, zutage. Unterhalb 650 m durchbrechen einige nach S überkippte Schichtköpfe von Hauptrogenstein den Schutt (Profil 13). Ihrer Kompaktheit und der ruhigen Morphologie des Hanges nach zu urteilen dürften sie zum Anstehenden gehören. Es ist allerdings möglich, dass Hakenwerfen das Schichtfallen beeinflusst hat. Wir werden weiter unten auf diese Frage zurückkommen.

Zuverlässigere Daten sind im N, am Abbruch des Doggers gegen den Lias-Keuper-Kern der Antiklinale feststellbar. Hier zeigt sich, dass der etwa 300 m W Outremont erneut einsetzende Hauptrogenstein vom unteren Dogger durch eine Verwerfung (B 7) getrennt wird. Diese setzt sich gegen N in den Lias von Les Effougelles fort. Hier ist die steilstehende Störungsfläche in einer kleinen Bachrunse auf ca. 740 m Höhe gut aufgeschlossen: Die Gryphitenbank im E, etwas aufgeschleppt, stösst gegen die Posidonienschiefer im W. Die Gryphitenbank der W-Serie setzt auf Kote 710 m ein und steigt gegen W leicht an (vgl. Tafel I).

Leider ist die Fortsetzung des Bruches B 7 gegen S zu wiederum durch ausgedehnte Sackungen verwischt, welche den Hauptrogenstein des W-Flügels betroffen haben; doch wird der Bruch auch hier durch das unvermittelte Aufhören des unteren Doggers von Outremont angedeutet. Eindeutige Anzeichen für eine Fortsetzung von B 7 weiter südwärts lassen sich am überkippten Teil des Hauptrogenschenkels an der Basis des Hanges SW unterhalb Outremont nicht erbringen. Immerhin kann es als Anzeichen für eine Querstörung gelten, dass der Hauptrogenstein im W der vermuteten Störungsline auf 660 bis 670 m (N Rièrè le Château) aus der auf Tafel I angegebenen überkippten Lage zu Saigerstellung umbiegt, auf einer Höhe, wo im E des vermuteten Bruches noch unterer Dogger auftritt.

Weiter gegen S stossen wir auf den oben besprochenen Bruch E Schloss St-Ursanne, den wir wohl als Fortsetzung der Störung B 7 betrachten dürfen.

## **6. Die Querbrüche und axialen Unregelmässigkeiten der Mont-Terri-Kette im Abschnitt von Sur-la-Croix**

Über die Verhältnisse im W des Bruches B 7 orientiert am besten Tafel I und die Strukturkarte Tafel III. Die Mont Terri-Kette s. l. löst sich in der von Querbrüchen und axialen Wellungen gestörten Zone in folgende Teilelemente auf:

- 1. die Clairmont-Kette,**
- 2. die Synklinale von Montnat,**
- 3. die Kette von Sur Plainmont**

Aus Figur 1 (S. 18) und Tafel I ist ersichtlich, dass diese Unregelmässigkeiten der Mont Terri-Kette durch das rheintalische Bruchbündel B 8 bis B 11 bedingt sind. Das Einbiegen des Mont Terri-N-Schenkels nach SW bei Courtemautruy (nördlich der NW-Ecke des Kartengebietes St-Ursanne) sowie das SW-NE-Streichen der Clairmont-Kette und der Synklinale von Montnat sind vergleichbar der SW-NE-Streichrichtung von Bürgerwald-, Blochmont- und Mont Terri-Kette im Bereich des rheintalischen Bruchbündels, das aus der W Begrenzung des Mülhauser Horstes entspringt (vgl. S. 17).

Möglicherweise erstreckt sich diese rheintalisch bedingte Störungszone weit nach SW (vgl. Fig. 1). Vielleicht ist ihrem Einfluss noch die leichte Knickung der Clos du Doubs-Kette NE Soubey zuzuschreiben, ferner die Auslösung der Mont Miroir-Nebenantiklinale aus ihrem S-Schenkel (Lit. 25) und endlich die maximale Aufwölbung der St-Brais-Kette bei Soubey, die von Querbrüchen begleitet ist (vgl. Lit. 25).

### **a) Die Clairmont-Kette**

Auf der Karte des Mont Terri-Gebietes von P. KELTSERBORN (Lit. 32) zeichnet sich im Kern der Mont Terri-Kette s. l. im Abschnitt von Derrière Monterri eine grössere axiale Aufwölbung ab. Der Hauptrogenstein-S-Schenkel ist in ihrem Bereich in die grossen Sackungen von Forêt du Chaibiat aufgelöst (vgl. Tafel I und II, Profil 15). Die axiale Aufwölbung — man kann sie auch als

Querwölbung der Kette bezeichnen — ist aber auch hier offenbar vorhanden, wie die Verbindung der Streichkurven über das Sackungsgebiet hinweg zeigt (vgl. Tafel III).

Mit dieser Querwölbung löst sich nun aus dem S-Schenkel die eigenartig geformte Clairmont-Kette, deren beide Schenkel zunächst parallel NE–SW streichen; dann aber biegt gegen das Doubstal zu der S-Schenkel in E–W-Streichen um (vgl. Fig. 1, S. 18).

#### **Der SE-Schenkel der Clairmont-Kette**

Der SE-Schenkel der Clairmont-Kette wird bis Rière Vasou durch die Fortsetzung des hier mehr und mehr NE–SW-streichenden S-Schenkels der Mont Terri-Kette gebildet. Bemerkenswert ist, dass dieser gemeinsame Schenkel östlich des S-Portals des La Croix-Tunnels — also im Bereich der grossen Sackungen — überkippt ist (Profil 15), während er W davon, wo bei Metschaimé das Hauptrogensteingewölbe geschlossen ist, sehr steil nach S einfällt (Profil 16). Eine Querstörung, die diese Divergenz erklären könnte, lässt sich nicht nachweisen. Weil aber die überkippte Serie auf den Bereich des Sackungsgebietes von Outremont-Forêt du Chaibiat beschränkt ist, liegt die Vermutung nahe, die Überkipfung sei, wenigstens teilweise, erst sekundär durch Hakenwerfen unter dem Druck der abgleitenden Massen entstanden (vgl. auch den morphologischen Teil). Mit einer solchen Erklärung stimmt die Beobachtung überein, dass der Malm im Gegensatz zum Dogger stets normales S-Fallen zeigt. Dieses Verhalten kann allerdings auch durch disharmonische Faltung bedingt sein.

#### **Querstörungen im N der Clairmont-Kette**

Südlich La Gypsière zeigt der Scheitel der oben erwähnten Querwölbung von Derrière Monterri am nach N ausstreichenden Hauptrogenstein eine kleine Störungszone (B 8), welche gegen W zu ein stufenweises Absinken der Grenze Hauptrogenstein/Unterer Dogger bedingt. Gegen S zu scheint diese Störung rasch auszuklingen (vgl. Tafel I).

Etwa 100 m weiter W — schon im Bereich des NW-Schenkels der Clairmont-Kette — ist ein weiterer Bruch B 9 erkennbar, längs welchem die Grenze Hauptrogenstein/Unterer Dogger um mindestens 30 m verstellt wird. Da in diesem Fall der E-Flügel abgesunken ist, erscheint der Doggerstreifen zwischen B 9 und B 8 als Grabenbruch, der gegen N keilförmig ausspitzt.

Diese Störung — und zwar im besonderen der Bruch B 8 — setzt sich gegen NE zu fort bis in den Kern der Mont Terri-Kette. Wie auf Tafel I angegeben, lässt sich im Lias bei La Gypsière ein Bruch feststellen, gestützt auf folgende Beobachtungen: Von Les Effougelles her hält der Gryphitenkalk gegen W — wie sich an zwei längeren Aufschlüssen erkennen lässt — gleichmässig die Höhe 720 m ein. Im Bachgraben, ca. 200 m E der Landstrasse Sur la Croix–Courtemautruy, endet diese Gryphitenbank. Gleichzeitig doppelt sich aber der Lias: sein ganzes Profil findet sich etwas tiefer in demselben Bachgraben nochmals von 710 bis 690 m. Der Gryphitenkalk dieser tiefer liegenden Serie lässt sich noch ca. 120 m nach E verfolgen und stösst dort anomal gegen Keupermergel; die Störungsfläche selbst ist nicht aufgeschlossen. Damit ergibt sich eine schief zum Streichen verlaufende Querstörung, ganz entsprechend der früher (S. 33) von Les Effougelles beschriebenen. Die Doppelungen im Lias von Les Effougelles und La Gypsière wurden von P. KELTSBORN (Lit. 32) als Überschiebung gedeutet. Die eingehende Kartierung ergibt aber, wie oben ausgeführt wurde, dass diese Doppelungen durch zwei Querstörungen bedingt sind, die hier z. T., wegen der Querfaltung, spitzwinklig zum Streichen verlaufen.

Verfolgen wir den Bruch B 9 gegen SW zu, so bedingt er zunächst das Aneinanderstossen von Acuminataschichten und Calcaire roux. Etwas weiter SW war im Herbst 1945 der Bruch in einer kleinen Grube, etwa 500 m NNE Sur la Croix, direkt aufgeschlossen. Man konnte feststellen, dass der Hauptrogenstein des Westflügels gegen E längs glatter Bruchfläche direkt an Dalle nacrée anstösst, welche lokal starke Fältelung zeigte.

Weiter S scheint sich der Bruch durch eine kleine Senke in der Dalle nacrée E Sur la Croix anzuzeigen. Diese Senke ist stark verlehmt und wird von einer Reihe von Einsturztrichtern begleitet, wie wir sie gewöhnlich längs der Grenze Oxfordien/Dalle nacrée finden. Die Zugehörigkeit der Lehme zum Oxfordien steht indessen nicht fest, und deshalb lässt sich auch das Vorhandensein des Bruches nicht eindeutig beweisen.

500 m SW von Sur la Croix ist der ganze Hauptrogenstein des Scheitels der Clairmont-Kette in Schutt und in einzelne Sackungspakete zerfallen, die meist tiefe Zerrüttung zeigen. Es lassen sich deshalb nur wenige und nicht sicher zu deutende Beobachtungen über den Bau des Scheitels anstellen.

S Sur la Croix, SW des ersten Strassenknies, findet sich ein Paket von Dalle nacrée, das sowohl im Vergleich zum Scheitel als auch im Vergleich zum SW-Schenkel zu tief liegt. Auf der Dalle nacrée liegt — wie in der Senke E Sur la Croix — eine Lehmdecke. Die Dalle nacrée selber — soweit sichtbar — zeigt eine starke Lockerung und Zerrüttung des Schichtverbandes, was auf Sackung deutet. Der NW Abrissrand einer Sackung käme genau in die SW Fortsetzung des Bruches B 9 zu liegen. Man ist also zur Annahme berechtigt, dieser Bruch sei auch hier noch vorhanden und habe das Absacken der Massen begünstigt.

Diese Sackung — im besonderen ihr NE-Rand — dürfte durch eine bruchartige Störung bedingt sein, die in SE-NW-Richtung gegen den Bruch B 9 heranstreicht, aber nur weiter gegen SE zu, bei Rière Vasou (SW St-Ursanne, vgl. Tafel I) gefasst werden kann. Hier sind nämlich an einer SE-NW-streichenden Linie plattige Kalke im SW gegen mittleres bis oberes Rauracien im NE verworfen. Diese SE-NW-verlaufende Störung — ich nenne sie Verwerfung von Rière Vasou — lässt sich auch im N der schuttbedeckten Oxfordcombe an der Verstellung der harten Calcaire roux-Bänke nachweisen. Sie deutet sich im NW — gegen die Landstrasse St-Ursanne-Sur la Croix zu — durch eine verlehnte Runse an. Ihre Verlängerung gegen NW zeigt — wie oben angedeutet — in auffälliger Weise gegen die Abrissregion der Sackungen im Scheitel der Clairmont-Kette.

#### Der S-Schenkel der Clairmont-Kette

Im SW der Verwerfung von Rière Vasou schwenkt der Hauptrogenstein scharf nach S ein, wodurch eine plötzliche Verengung der Mulde von St-Ursanne bedingt wird (vgl. Tafel I). Nach einem Schuttstreifen von ca. 200 m tritt der Hauptrogenstein WNW von Le Tillot am Steilhang über dem Doubs wieder zutage, fast W-E streichend und stark überkippt (Profil 17). Am S-Fuss des Hanges wird in einem kleinen Steinbruch Dalle nacrée gebrochen, die so stark überkippt ist, dass sie flache Lagerung vortäuscht. Oberhalb des Hauptrogensteins tritt unterer Dogger auf, der sich gegen W zu auf einer Strecke von über 400 m bis zur Sohle des Doubstales verfolgen lässt.

Nach einem Unterbruch von 400 m, wo unterer Dogger nur im Gehängeschutt zu erkennen ist, taucht er 300 m SE Champs Raimeux wieder aus der Talsohle auf, gegen S zu unterlagert von Hauptrogenstein (vgl. Tafel I).

Zum Verständnis dieser Lage des Doggerschenkels ist es nötig, die Verhältnisse im S des Doubs zu berücksichtigen. Nur 120 m S des Doubs, auf Kote 500, beginnt der Rauracien-N-Schenkel der Kette von La Joux Chaupe (Profil 19) (vgl. unten, S. 38). Für den Hauptrogenstein-S-Schenkel der Clairmont-Kette und die südlich folgende Synklinale bleibt somit nicht mehr genügend Raum übrig. Wenn die heutige Lage der Doggermassen im N des Doubs tektonisch bedingt wäre, so müsste die Clairmont-Kette gegen S auf die Kette von La Joux Chaupe aufgeschoben sein.

Meiner Ansicht nach ist jedoch die heutige Lagerung der Schichten im S-Schenkel der Clairmont-Kette weitgehend durch Sackungen und Hakenwerfen bedingt: nachdem der Doubs seine tiefe Rinne eingeschnitten hatte, konnte der Dogger-S-Schenkel gegen diese Rinne zu abgleiten, wobei starke Überkipfung der Schichten eintrat. Bei der Profilkonstruktion (vgl. die Profile 17—20) habe ich ausserdem angenommen, der Schenkel sei nach der Tiefe zu nicht abgerissen worden, sondern sei noch mit dem Anstehenden verbunden. Diese Annahme scheint mir berechtigt, weil der Hauptrogenstein des S-Schenkels über grosse Strecken hin eine kompakte Einheit bildet.

Der untere Dogger und der überkippte Hauptrogenstein unten am Doubsufer haben aber gegen W zu keine Fortsetzung. Eine entsprechende Schichtfolge des S-Schenkels finden wir dagegen N und W Champ Raimeux; diese Serie kann aber nicht in direktem Zusammenhang mit dem erstgenannten Teilstück des S-Schenkels stehen, vielmehr sind wir gezwungen, einen Bruch anzunehmen, der N Champ Raimeux verlaufen muss. Ob dieser Bruch nach N in Verbindung steht mit B 9, ist wegen der schlechten Aufschlüsse nicht zu entscheiden; ob er sich nach SW zu fortsetzt, wird sich bei der Kartierung des W anschliessenden Blattes Ocourt erweisen.

### **Der NW-Schenkel der Clairmont-Kette**

Der NW-Schenkel der Clairmont-Kette ist einfach gebaut; sein Haupttrogenstein bildet den Kamm des Clairmont und streicht gegen SW zu hinüber auf das Kartengebiet Ocourt.

### **b) Die Synklinale von Montnat**

Dem Streichkurvenbild (Tafel III) ist zu entnehmen, dass die trennende Synklinale zwischen Clairmont-Kette und Mont Terri-Kette sich nicht aus dem S-Schenkel der Mont Terri-Kette entwickelt. Sie nimmt ihren Anfang da, wo im W der Querwölbung von Derrière Monterri die Kette eine axiale Depression und überdies ein knickartiges Abbiegen gegen SW zu aufweist (vgl. Fig. 1, S. 18). Aus diesen Verhältnissen geht auch hervor, dass die Clairmont-Kette sich nicht mit der Vorburg-Kette in Zusammenhang bringen lässt, wie früher angenommen worden ist (Lit. 41).

Die jüngsten Schichten der Synklinale finden sich im NW Randstreifen; es handelt sich um plattige Kalke und Natica-Schichten (vgl. Tafel I). Diese Schichten sind gegenüber dem fast flachliegenden Rauracien, welches den SE-Teil des Plainmont bildet, an einem weiteren Querbruch B 10 versenkt. Der Bruch B 10 durchschneidet den NW-Schenkel der Mulde spitzwinklig. Er tritt — seiner bedeutenden Sprunghöhe wegen (Profile 17, 18) — meist deutlich hervor. Die Bruchfläche muss sehr steil nach NW einfallen; denn gegen NE zu, an der Oberkante des Steilhanges von Forêt de l'Essert Varré (N Blattrand), verläuft der ausstreichende Bruch fast geradlinig weiter. Ich kann deshalb der Interpretation KELTSBORN'S (Lit. 32) nicht beipflichten, der den Bruch B 10 weiter im NE in eine hypothetische S-fallende Kernüberschiebung übergehen lässt. Es ist anzunehmen, dass diese bedeutende Störung sich nach SW zu auf Kartengebiet Ocourt fortsetzt.

### **c) Die Kette von Sur Plainmont**

Durch die Synklinale von Montnat wird die Mont Terri-Kette s. l. in zwei Abschnitte geteilt, die aber durch den gegen N gerichteten Axialanstieg der trennenden Mulde von Montnat verbunden sind.

Das westliche Teilgewölbe (= Kette von Sur Plainmont) lässt sich zum erstenmal im Forêt de l'Essert Varré gut erkennen. Es ist dort im Haupttrogenstein geschlossen und weist — aber erst auf Kartengebiet Miécourt — einen Kern von Unterem Dogger auf. Der N-Schenkel wird in der NW-Ecke des Untersuchungsgebietes abermals von einem ENE-WSW-streichenden Bruch (B 11) zerlegt. Dieser bringt Unteren Dogger (im NW) auf die Höhe der Acuminataschichten (im SE), erreicht also hier eine Sprunghöhe von ca. 90 m (Profil 18). Besonders deutlich spiegelt er sich in der Topographie von Blatt Miécourt als Bruchtäälchen im Essert Varré wieder. P. KELTSBORN, der die Störung zuerst beachtet hat, fasst auch sie als Überschiebung auf (Lit. 32). Doch sprechen alle Beobachtungen: so z. B. der zum Streichen spitzwinklige Verlauf, ferner die Hebung des NW-Flügels und endlich die Steilheit der Störungsfläche, wie sie sich aus der Schnittlinie mit der Oberfläche ergibt, dafür, dass es sich um einen Querbruch handelt.

## **7. Die Clos-du-Doubs-Kette**

Der allgemeine Bau der Clos-du-Doubs-Kette ist schon seit langem gut bekannt: eine Kofferfalte mit disharmonischer Faltung des Malms (Lit. 7, 41).

Im einzelnen weist die Kette aber mannigfache Komplikationen auf. Diese sind z. T. durch präexistente rheintalische Brüche bedingt.

Im E endet die Kette an der Störung von Montmelon; gegen W steigt ihre Axe leicht an — wie die Strukturkarte (Tafel III) zeigt, zunächst mit ca. 8°, dann immer flacher. Der oben erwähnte Einfluss rheintalischer Brüche ist besonders im Auftauchen von Nebenantiklinalen zu erkennen. Wo B 7 in den Bereich des N-Schenkels der Clos du Doubs-Kette eindringt, entwickelt sich die Nebenantiklinale von La Joux Chaupe. Wo B 6 den S-Schenkel der Antiklinale verlässt, nimmt die Nebenantiklinale von Champ de Souboz ihren Ursprung. Auf diese Verhältnisse wird unten näher eingetreten.

### a) Der Abschnitt zwischen der Störung von Montmelon und dem Doubs

E der Doubssschlinge ist das Malmgewölbe der Clos du Doubs-Kette im Rauracien geschlossen. Eine Kofferfalte, wie weiter im W, ist noch nicht ausgebildet. Der mässig steile Dogger-N-Schenkel wird vom etwas steileren S-Schenkel nur durch eine schmale Scheitelzone getrennt (Profil 12).

Das normale Absinken des N-Schenkels der Antiklinale in die Mulde von St-Ursanne, wie es sich — N Montmelon — im Bacheinschnitt NE Sévay zu erkennen gibt, wird N Sévay durch eine NE-SW-gerichtete Störung unterbrochen (Profil 11, B 6). Die Kimmeridgeplatten zeigen bei Sévay muldenförmige Lagerung, bilden dann aber an der Geländekante ca. 100 m N des Hofes eine scharfe knickförmige Falte mit starker Zertrümmerung an der Scheitelstelle und einem steil mit  $67^\circ$  einfallenden N-Schenkel. Dass ein Gewölbescheitelbruch vorliegt, zeigt sich weiter W in den plattigen Kalken, wo der N Teil steil abgeschleppt ist und um ca. 30 m tiefer liegt.

Über die Bedeutung dieser Störung von Sévay lässt sich wenig Bestimmtes aussagen. Wie Tafel I zeigt, setzt sie da ein, wo der Bruch B 6 gegen S ausklingt; man könnte sie deshalb als seitliche, gegen WSW gerichtete Abzweigung von B 6 deuten und sie wäre dann als rheintalische Störung zu betrachten. Die beschriebene Faltung bei Sévay wäre auf den späteren Einfluss der Jurafaltung an einem präexistierenden Bruch zu deuten. Rheintalisches Alter wäre auch deshalb möglich, weil die Störung von Sévay — besonders in ihrem weiteren Verlauf gegen SW zu — in ihrer Richtung nicht sehr abweicht von der Störung von Montmelon.

Trotz dieser für «rheintalisches Alter» sprechenden Momente darf aber die Möglichkeit, dass die Störung erst im Zusammenhang mit der Jurafaltung entstanden ist, nicht von vornherein verneint werden. Wir werden auf diese Frage unten zurückkommen.

Was den Bau des Doggerkerns der Clos du Doubs-Kette betrifft, so zeigt er an der E-Seite der Doubsklus von La Lomenne eine ähnliche asymmetrische Faltung wie der Malm. Der S-Schenkel ist sehr steil, in einem kleinen isolierten Aufschluss sogar überkippt. Auf den schmalen Scheitel folgt der zunächst ziemlich flach einfallende N-Schenkel; erst beim ersten Tunnelportal südlich St-Ursanne biegt er zu  $50^\circ$  N-Fallen ab. Er deutet zusammen mit dem schmalen Scheitel die weiter W entwickelte Kofferform an. Die Faltung von Malm und Dogger ist disharmonisch; nach der Profilkonstruktion ist besonders W Sévay das Oxfordien übermächtig angehäuft.

### b) Der N-Schenkel im W des Doubs und die Nebenantiklinale von La Joux Chaupe

Das Profil W des Doubs zeigt eine im Haupttrogenstein schön geschlossene Kofferfalte (Profil zwischen 13 und 14). Sehr bald macht sich aber im N-Schenkel ein Bruch geltend, längs welchem N-fallender Haupttrogenstein gegen S zu anstösst an gleichfalls NW-fallende Dalle nacree (Profil 14). Dieser Bruch quert spitzwinklig zum allgemeinen Streichen den Scheitel der Clos du Doubs-Kette im Abschnitt E Montenol. Sein Verlauf ist markiert durch ein Steilbord, das von flachliegendem Calcaire roux und Haupttrogenstein gebildet wird und die Dalle nacree im SE-Teil des Scheitels um mehrere Meter überragt (Profile 15, 16). Wie Tafel I zeigt, verläuft dieser «Bruch von Montenol» in direkter Verlängerung der Störung von Sévay, so dass er als deren Fortsetzung aufzufassen ist.

Südlich La Perrière biegt der Dogger-N-Schenkel bei gleichbleibendem steilen N-Fallen etwas gegen WNW aus ( $N 79^\circ W$ ). Bis gegen La Vacherie zu ist ein grosser Teil des Hanges mit Schutt bedeckt. S La Vacherie ergibt sich aber aus dem Streichen (bis  $N 37^\circ E$ ), dass der N-Schenkel bei La Vacherie und E davon einen wulstartigen Vorsprung gebildet haben muss (vgl. Tafel III), der jedoch heute durch die Erosion des Doubs grösstenteils entfernt ist.

Am W-Ende des Vorsprungs taucht N La Vacherie NE-fallende Dalle nacree auf, aus der sich gegen W die später zu besprechende, rasch ansteigende Nebenantiklinale von La Joux-Chaupe entwickelt.

Gegen den W Blattrand zu wird der Dogger-N-Schenkel immer kürzer, da die Mulde zwischen der Clos du Doubs-Kette und der Nebenantiklinale von La Joux Chaupe gegen W zu rasch ansteigt.

Die Mulde zwischen Haupt- und Nebenantiklinale zeigt im Kern einige Störungen, die im folgenden von E nach W besprochen werden.

Ca. 200 m WSW La Vacherie wird die Dalle nacrée der auftauchenden Nebenantiklinale von einem kleinen Fetzen von Renggeritonen überlagert, die durch die üblichen Pyritammoniten gekennzeichnet sind. Über den Renggeritonen folgt dann gegen SE die Dalle nacrée des N-Schenkels der Hauptantiklinale, aber nicht anstehend, sondern in losen Gesteinsplatten. Ein synklinales Umbiegen ist nicht feststellbar, und ausserdem ist die Dalle nacrée-Zone viel zu schmal, als dass eine normale Schichtfolge vorliegen könnte (Profil 17). Offenbar trennt eine Störung die beiden Falten. Gegen NE zu vermute ich die Fortsetzung dieser Störung in einer leichten Einsenkung des Hanges N La Vacherie.

Auch weiter SW, im Anriss der Combe Gaubé, ist die Dalle nacrée der Hauptantiklinale stark reduziert und kaum zu erkennen; dies spricht für eine Fortsetzung der Störung von La Vacherie gegen SW.

Im W der Combe Gaubé entwickelt die Dalle nacrée des N-Schenkels der Hauptantiklinale ihre volle Mächtigkeit. Die knickförmige Synklinale wird durch zwei gegeneinander einfallende Dalle nacrée-Platten gebildet; aber auch hier ist eine Störung nicht ausgeschlossen, da sich nirgends ein synklinales Umbiegen zeigt (Profile 18 und 19).

Etwa 700 m E La Joux Chaupe stösst der ca. 50° N-fallende Dalle nacrée-Schenkel der Hauptantiklinale unvermittelt an den Calcaire roux des Kerns der Nebenantiklinale, so dass auf eine Störung geschlossen werden muss (Profil 19). Bald reichen jedoch die aus Dalle nacrée bestehenden Sackungs- und Schuttmassen des Essert-Banvart bis an den auftauchenden Haupttrogensteinkern der Nebenantiklinale und verdecken die Synklinale (Profil 20).

Oben an der Bergkante, NW Chez Darosier ist dann die Dalle nacrée wieder anstehend; sie lässt eine schwach ausgeprägte, ungestörte Mulde zwischen Haupt- und Nebenantiklinale erkennen.

Die **Nebenantiklinale von La Joux Chaupe** beginnt, wie oben erwähnt, am W-Ende des Querwulstes von La Vacherie. Zum erstenmal lässt sie sich in der Combe Gaubé deutlich als selbständige Falte erkennen. Hier dürfte in ihrem Kern Calcaire roux angeschnitten sein, doch ist er durch Schutt der hangenden Dalle nacrée verdeckt. Diese ist in komplizierte kleine Stauchfalten gelegt, die aber — wie sich mehrmals beobachten lässt — in der Dalle nacrée ausklingen und den Haupttrogenstein kaum mehr beeinflussen dürften.

Ca. 500 m östlich La Joux Chaupe taucht infolge des Axialanstieges der Haupttrogensteinkern der Nebenantiklinale auf. Diese ist hier sehr schmal (vgl. Tafel III); ihr Nordschenkel ist im Haupttrogenstein sehr steil, in der Dalle nacrée sogar überkippt (Hakenwerfen?).

Im Kern der Falte lässt sich an der ersten Wegbiegung 200 m SE des Hofes La Joux Chaupe eine Störung nachweisen. 60° N-fallende Acuminataschichten werden hier durch eine Zone zerriebenen Gesteins von den 46° nach S einfallenden Platten des oberen Haupttrogensteins des S-Schenkels getrennt.

Eine vermutliche Fortsetzung dieser Störung nach WSW findet sich ca. 400 m westlich Chez Darosier, wo ein Bruch schief den S-Schenkel des Nebengewölbes durchsetzt (Profil 21). Diesen Bruch konnte ich auf Blatt Ocourt tief in den Dalle-nacrée-Scheitel des Hauptgewölbes hinein verfolgen, wo er weiterhin in SW Richtung schief zum Streichen verläuft.

Dieses Verhalten des Bruches zeigt grosse Ähnlichkeit mit dem der vermutlich rheintalischen Brüche bei Sur la Croix und bei Montenol. Es fragt sich deshalb, ob nicht eine Verbindung des Bruches nach N mit dem rheintalischen Bruchsystem möglich ist. Am nächsten liegt die Vermutung eines Zusammenhanges mit B 7 über die Störungen, welche sich in der Mulde zwischen der Clos du Doubs-Kette und der Nebenantiklinale von La Joux Chaupe feststellen lassen. Gegen eine solche Verbindung spricht aber das E-W-Streichen dieser Störungen.

Der **Malm-N-Schenkel** der Clos du Doubs-Kette ist im W des Doubs nur noch als Rauracien-Relikt bei La Perrière (SE St-Ursanne) erhalten. Schichtung ist kaum erkennbar; nur aus der zu mächtigen Oxfordcombe ist auch hier auf disharmonische Faltung zu schliessen (Profil 14).

Etwa 700 m NE La Joux Chaupe setzt dann der Malm wieder ein als N-Schenkel der Nebenantiklinale von La Joux Chaupe. Aus dem zunächst normal gestalteten Rauracien-Schenkel entwickelt sich gegen W eine Überschiebung, an der eine überkippte Serie von Rauracien und plattigen Kalken gegen N zu über flache Naticaschichten und plattige Kalke hinausgepresst ist. Wahrscheinlich ist diese Störung disharmonisch; möglicherweise klingt sie sogar schon oberhalb der Grenze Oxfordien/

Rauracien aus (Profil 20). Gegen den W-Rand des Kartengebietes stellen sich wieder normale Verhältnisse ein: Die zwischen den Antiklinalen des Clairmont und von La Joux Chaupe gelegene Mulde weitet sich und nimmt in ihren Kern auch mittleres Sequan auf (Profil 21).

### c) Der S-Schenkel im Abschnitt La Lomenne-Montenol

In gleichmässiger Steilheit streicht der Dogger des S-Schenkels bis S Montenol (vgl. Tafel III). Wie Tafel I zeigt, liegt sein S-Fuss durchwegs unter einer tiefen Schuttdecke, und die E des Doubs festgestellte Überkipfung lässt sich nicht mehr nachweisen. Einzig S La Lomenne, in unmittelbarer Nähe des Doubs, zeigen einzelne von tektonischer Breccie begleitete Platten N-Fallen. Man könnte daraus auf die Nähe einer Aufschiebungsfläche schliessen, doch liegen keine weiteren Anzeichen vor, und die Unregelmässigkeiten könnten — wie in der Dalle nacrée der Combe Gaubé — lokal begrenzt sein. Ich habe deshalb auf die Darstellung einer solchen Längsstörung in den Profilen verzichtet.

Am Abhang N oberhalb Les Oeuches zeigt der Calcaire roux gestörte Lagerung. Diese Unregelmässigkeiten haben aber keine Fortsetzung im Haupttrogenstein der Doubsklus und sind, wie deutliche Rutschwälle beweisen, auf junge Gleitungen zurückzuführen.

Auch die Dalle nacrée S Montenol ist offenbar im Begriff, paketweise über den Mergeln des Calcaire roux und den Callovientonen talwärts zu gleiten. Dieser Umstand erschwert die weitere Verfolgung des Bruches von Montenol, der hier in den S-Schenkel eintritt. Immerhin weist südlich Es Minera (SW Montenol) die Dalle nacrée grosse Festigkeit auf. Sie kann nur geringfügig versackt sein und gestattet deshalb einen gewissen Einblick in die Tektonik. Ein Streifen von Oxfordien, der im SW von Montenol zwischen Scheitel und S-Schenkel liegt, stösst beidseits anomal gegen die Dalle nacrée (Profil 18). Daraus ergibt sich, dass sich der Bruch SW Montenol in zwei Äste gabelt, deren südlicher den Verwerfungssinn wechselt.

Der Malm-S-Schenkel ist in diesem Abschnitt nur als Relikt von Rauracien und plattigen Kalken bei Les Oeuches erhalten. Die Deutung seiner Struktur ist wegen der Seltenheit gutgeschichteter Bänke schwierig. Nach spärlichen Anzeichen zu urteilen, könnte das obere Rauracien leicht auf die plattigen Kalke aufgeschoben sein, die aber zum grossen Teil schon abgetragen sind und deshalb auf den Profilen 14 und 15 nicht dargestellt werden konnten.

### d) Die Malmserie im SW von Montenol

Im SW von Montenol setzt der Malm wieder ein und begleitet als geschlossene Serie im S das Doggergewölbe des Clos du Doubs.

Der Bau dieser Malmserie weist mehrere Komplikationen auf. Zunächst ist der Malm gegenüber dem Dogger stark disharmonisch gefaltet. Ausserdem fügt sich ein kleines Gewölbe an den S-Schenkel, die Nebenantiklinale von Champ de Souboz, die im W von einem NE-SW-streichenden Bruch begrenzt wird. Diesen Bruch bezeichne ich als «Querstörung von Châtillon»; (über den wahrscheinlichen Zusammenhang mit dem Bruch von Montenol und der Störung B 6 siehe unten, S. 41).

#### Die disharmonische Faltung im S-Schenkel der Clos du Doubs-Kette

Den klarsten Einblick in die Disharmonie der Faltung von Malm und Dogger im S-Schenkel der Clos du Doubs-Kette gestattet die Gegend von La Joux Fourneau. Die Dalle nacrée des Schenkels streicht, in den tieferen Partien steil nach S fallend, nördlich Sur la Roche ungestört nach W. Der Malm dagegen ist überkippt. Zwischen den im Fallen divergierenden Schenkeln ist das Oxfordien sackförmig angehäuft. S der Weide von La Joux Fourneau wird die Mächtigkeit des Oxfordiens noch gesteigert durch zwei kleine flache, auf den Malm beschränkte Überschiebungen (Profil 20). Die untere (bei 670 m) schiebt die Grenze Oxfordien/Glypticien deutlich um ca. 50 m nach S, ist aber in den plattigen Kalken nurmehr als leichter Knick angedeutet. Die obere (bei 710 m) durchsetzt den ganzen etwas reduzierten Rauracien-Schenkel und verschleppt das Oxfordien bis über die Naticaschichten. Die Überschiebung streicht — gegen E zu — auch am Hang oberhalb Châtillon an die Oberfläche aus: auf Kote 730 sind hier überkippte plattige Kalke über das N-fallende Kimmeridge geschoben. Eingeklemmt zwischen den Kalken und dem Kimmeridge ist eine schmale Zone von Naticaschichten nachweisbar.

Ähnliche Verhältnisse finden sich weiter E bei Chételay (Profil 19). Das mittlere Rauracien des nach S vorgepressten oberen Teils des S-Schenkels schneidet den Rauraciengrat und die Natica-Combe des S-Schenkels auf 780 bis 790 m ab und gelangt bis zum Kimmeridge. Es tritt indessen noch eine weitere Komplikation hinzu, indem Glypticien und unteres Mittelrauracien der überschobenen Serie längs eines NNE-SSW-streichenden Bruches an die weiter NW-wärts gelegenen plattigen Kalke anstossen.

Die Überschiebung von Chételay ist wohl als direkte Fortsetzung der oberen Überschiebung von La Joux Fourneau zu betrachten. Die Störungslinie verläuft im schlecht aufgeschlossenen Zwischenstück wahrscheinlich in einer schutterfüllten Combe, die sich zwischen die überschobenen plattigen Kalke und das überkippte Kimmeridge des S-Schenkels einschiebt und zu schmal ist, als dass für das normale stratigraphische Profil der fehlenden Schichtglieder Raum vorhanden sein könnte.

Auch W von La Joux Fourneau muss die disharmonische Überschiebung vorhanden sein. Wie die Profile 22 und 23 zeigen, streicht bei Sur la Roche die normale Rauracienkante geradlinig gegen W weiter, fast parallel zum Dogger. Etwa 200 m weiter S, bei Dos Saprals, findet sich aber eine zweite Rauracienserie, und zwar in überkippter Lage. Diese Serie ist nach S überschoben worden; die Überschiebungsfläche muss meist dicht unter der heutigen Oberfläche verlaufen und teilweise mit ihr zusammenfallen. Eine Breccienzone im obern Malm von Dos Saprals kann als südlicher Ausbiss der Überschiebung angesehen werden, doch besteht keine scharfe Trennung gegen das S anstossende Kimmeridge, und ein Ausheilen der Störung im obern Malm ist denkbar.

Ihrer topographischen Höhenlage nach dürfte diese Überschiebung mit der unteren Überschiebung von La Joux Fourneau zusammenhängen. Sie wird bei La Joux Fourneau offenbar durch die gleichartige, doch höher gelegene Überschiebung von Chételay abgelöst. Auf die Bedeutung dieses Niveauwechsels werde ich bei der Besprechung der Querstörung von Châtillon zurückkommen.

Durch die starke Überkipfung des Malm-S-Schenkels der Clos du Doubs-Kette entstanden zahlreiche, oft von kleinen Störungen begleitete Stauchfalten im Kimmeridge (Profile 21 bis 23). Sie lassen sich besonders schön beobachten am Weg, der von Châtillon westwärts durch den Wald hinaufführt.

#### **Die Nebenantiklinale von Champ de Souboz**

Wie sich S Montenol, am Steilhang im SW von Champ de Souboz erkennen lässt, wird der steile bis leicht überkippte Malm-S-Schenkel der Clos du Doubs-Kette durch eine ziemlich tiefe Mulde von einem kleinen Nebengewölbe getrennt, das ich Nebenantiklinale von Champ de Souboz nenne (Profil 19).

Die asymmetrisch gebaute, einen steilen S-Schenkel und einen flachen N-Schenkel aufweisende Nebenantiklinale streicht fast genau ostwärts über den Doubs. Hier ist am E-Ufer ihr aus Dalle nacrée und Renggeritonen bestehender Kern aufgeschlossen (vgl. Tafel I). Der S-Schenkel lässt sich am Steilhang W La Seigne dessous gut erkennen, wo sich die flachen Malmplatten, die von Tariche bis La Seigne dessous den Doubs im S begleiten, unvermittelt zu 50° S-Fallen aufrichten (Profil 16). Der 300 m W La Seigne dessous liegende Aussichtspunkt P. 791,7, von wo man gegen W zu die Nebenantiklinale von Champ de Souboz und ihren Zusammenhang gegen N und S überblicken kann, liegt auf dem Kimmeridge des S-Schenkels. Der Scheitel des Nebengewölbes wird durch flachliegende Kimmeridgebänke gebildet, die allmählich in den schwach geneigten N-Schenkel abbiegen.

Die Nebenantiklinale von Champ de Souboz endet gegen E — wie schon oben erwähnt wurde — an der Störung von Montmelon. Nach W zu konvergieren die W-E-streichende Nebenantiklinale und die WSW-streichende Hauptantiklinale (vgl. Tafel III). Ihr Zusammentreffen ist gekennzeichnet durch die Querstörung von Châtillon.

Ein über dem Doubs gelegenes Rauracienpaket N Champ de Souboz ist als versackt zu betrachten. Es bedingt eine flache Terrasse, liegt aber etwas zu tief gegenüber der Mulde, welche Haupt- und Nebenantiklinale trennt. Ausserdem wird es im W von einer Lehmzone begrenzt, welche von Dolinen begleitet wird. Die Dolinen dürften die Westgrenze der abgesackten Rauracienmasse markieren und bedeuten somit, dass diese mit dem anstehenden Fels nicht mehr zusammenhängt. Der Interpretation SCHWABES (Lit. 63), die Terrasse entspreche einer dritten Eintiefungsphase des Doubs, kann ich deshalb nicht beistimmen.

### Die Querstörung von Châtillon

WSW unterhalb des Gehöftes Châtillon wird die Kante der plattigen Kalke von einem NE-SW-streichenden Bruch durchsetzt. An der Störung sind die westlichen und die ca. 20 m höher liegenden östlichen Platten gegeneinander aufgebogen und in NE-SW-Richtung stark durchklüftet.

Für eine Fortsetzung des Bruches nach SW fehlen sichere Anzeichen. Nach NE zu verläuft die Querstörung gegen die Schuttcombe N Châtillon, wo die Antiklinalen des Clos du Doubs und von Champ de Souboz zusammentreffen müssen. Ein kleiner, im W von tektonischer Breccie begrenzter Aufschluss von Naticaschichten und plattigen Kalken direkt N ob Châtillon zeigt ca. 30° NW-Fallen und muss als N-Schenkel des gegen W abtauchenden Nebengewölbes gedeutet werden. Westlich dieses Aufschlusses tritt — nach einem Unterbruch durch Gehängeschutt — NW-fallendes Kimmeridge zutage. Diese Verschiedenheit der Verhältnisse zu beiden Seiten des Schuttbandes spricht für das Vorhandensein eines Bruches, der als Fortsetzung der Querstörung von Châtillon gedeutet werden kann. Nach NE zu streicht dieser Bruch unter die Überschiebung von Chételay hinein (Profil 20, 21).

Damit ergibt sich aber die Wahrscheinlichkeit eines Zusammenhanges zwischen der Störung von Châtillon und dem Bruch von Montenol. Als Verbindungsstück zwischen den beiden Störungen fasse ich den Querbruch von Chételay auf. Dieser wurde allerdings durch die disharmonische Überschiebung etwas nach SE verschleppt und liegt deshalb nicht mehr genau auf der Verbindungslinie Bruch von Montenol — Querbruch von Châtillon (vgl. Profil 19 und Tafel III).

Der Störung von Châtillon kommt insofern noch besondere Bedeutung zu, als das Nebengewölbe von Champ de Souboz sich im W der Störung nicht mehr nachweisen lässt. Daraus kann weiter gefolgert werden, dass die Störung älter ist als die Faltung, und das spricht für den oben erwähnten Zusammenhang des Bruches von Montenol und der Störung von Sévay mit dem Bruch B 6 (vgl. S. 39).

Die Nebenantiklinale von Champ de Souboz nimmt also, nach dieser Interpretation, im W ihren Anfang an einer präexistenten Querstörung. Im Bereich dieser Nebenantiklinale ist der Muldenkern zwischen Haupt- und Nebenantiklinale hochgestaut; die Kimmeridgeoberfläche liegt S Chételay auf über 800 m, weiter W dagegen, bei Sur-Chétevat, nur auf ca. 650 m. Damit dürfte sich auch der oben erwähnte Niveauwechsel der disharmonischen Überschiebung bei La Joux Fourneau erklären. Denn solche disharmonische Überschiebungen sind wohl als Ausweichsbewegungen der an den Schenkeln ausgequetschten Oxfordienmassen gegen den freien Raum zu deuten. Dieser liegt aber im W von Châtillon wegen des Fehlens der Nebenantiklinale bedeutend tiefer. Auch in diesem Niveauwechsel äussert sich also wohl mittelbar der Einfluss des alten Bruches B 6.

## C. Morphologie

Viele Probleme der Morphologie bedürfen zu ihrer Lösung der regionalen Bearbeitung. Jede regionale Synthese hat sich indessen auf lokale Beobachtungen zu stützen, und neue geologische Detailuntersuchungen führen wieder zu einer Überprüfung und Kritik der bisherigen morphologischen Argumentation.

In den folgenden Ausführungen soll auf frühere Ansichten über die lokale Morphologie eingetreten und geprüft werden, ob sie mit der tektonischen Neubearbeitung in Einklang stehen.

### 1. Reste alter Einebnungsflächen

In den Freibergen und ihrer näheren Umgebung finden sich mehrere Reste einer verbogenen alten Peneplain. Diese Tatsache wurde zuerst von EDUARD BRÜCKNER festgestellt (vgl. A. PENCK und E. BRÜCKNER, Die Alpen im Eiszeitalter, Leipzig 1901–1909, S. 475–478, Fig. 71 und 72). Da diese Peneplain die Gewölbescheitel kappt, konnten zwei Faltungsphasen unterschieden werden: eine erste, die von einer Einebnungsperiode gefolgt war, und eine zweite, durch welche die Einebnungsfläche wiederum verbogen wurde.

Weitere Überreste der verbogenen Peneplain wurden in der Folge an mehreren Stellen des NW-Juras aufgefunden, so ein besonders schönes Beispiel von A. BUXTORF im Clos du Doubs bei Ocourt. Die Gedanken E. BRÜCKNERS wurden in neuerer Zeit von H. SUTER (Lit. 68) und E. SCHWABE (Lit. 63) weiter ausgebaut. SCHWABE unternahm den Versuch einer umfassenden Synthese, um die «Peneplain der Freiberge» zu rekonstruieren und damit gleichzeitig das Ausmass der zweiten Faltungsphase festzustellen.

Soweit nun diese Rekonstruktion die westliche Grenzregion der Caquerelle-Kette betrifft, ist sie nach den tektonischen Ergebnissen der vorliegenden Arbeit unwahrscheinlich. Im einzelnen lässt sich dazu folgendes feststellen:

Im W der Störung von Montmelon, im Bereich der Clos du Doubs-Kette, deutete E. SCHWABE die leicht S-fallende Hochfläche von Chételay–Gros Essert SW Montenol, die auf einer Höhe von ca. 800 m liegt, als Rest der schiefgestellten Peneplain.

Diese Deutung gewinnt durch die geologische Neuaufnahme an Wahrscheinlichkeit; denn die Fläche schneidet, wie Profil 19 zeigt, komplizierte tektonische Strukturen, Unwahrscheinlich sind aber die Annahmen SCHWABES über das Grenzgebiet Clos du Doubs-Kette/Caquerelle-Kette. Er zeichnet auf seiner «Isohypsenkarte der Peneplain der Freiberge», welche die Wirkung der zweiten Phase darstellen soll, eine Mulde zwischen den beiden Ketten, deren Axe ungefähr im Doubstal SW La Lomenne verläuft. Zugleich nimmt er an, die Störung von Montmelon (von ihm noch als Überschiebung gedeutet), sei nicht mehr reaktiviert worden. Wäre diese Darstellung richtig, so müsste die Nebenantiklinale von Champ de Souboz, welche den Doubs quert, eine axiale Einmündung aufweisen. Dies ist aber nicht der Fall (vgl. Tafel III). Es muss also angenommen werden, dass die Einebnungsfläche auf dem Scheitel der Nebenantiklinale von Champ de Souboz die gleiche Höhe von ca. 800 m bis an die Störung von Montmelon beibehält. Als Rest der Peneplain im SE des Doubs dürfte somit die kleine Hochfläche W von La Seigne-dessous gedeutet werden, welche den Scheitel und einen Teil des S-Schenkels der Nebenantiklinale kappt.

Bei La Seigne dessous wird dann die Peneplain an der Störung von Montmelon abgeschnitten; denn im SE der Störung überragt der Haupttrogensteinkamm der Montagne de Sceut die Einebnungsfläche um über 100 m. Nimmt man an, die Caquerelle-Kette sei vor der zweiten Phase vollständig eingeebnet worden, so muss auf eine intensive Reaktivierung der Störung von Montmelon während der zweiten Phase geschlossen werden. Weil aber diese Phase — nach SCHWABES Ansicht — in der Gegend sonst nur geringe Auswirkungen hatte, so halte ich es auch für möglich, dass die Caquerelle-Kette überhaupt nie vollständig eingeebnet war. Die spärlichen Reste alter Einebnungsflächen lassen jedenfalls die Möglichkeit offen, es seien einzelne Täler ausgebildet worden, die stets durch ein gewisses Relief voneinander getrennt blieben.

Im NE von Montmelon glaubt SCHWABE sodann ein verbogenes Peneplainstück feststellen zu können, welches sich vom Scheitel der Clos du Doubs-Kette über die Störung von Montmelon, dann über Chez Danville in die Hochfläche von Chez Basuel erstreckt. Dazu ist folgendes zu bemerken:

Westlich Chez Danville ist die Störung von Montmelon morphologisch nicht im geringsten ausgeprägt. Dies lässt sich durch Peneplainisierung nach der Hauptfaltung und Passivität der Störung bei der zweiten Faltungsphase erklären. In diesem Fall müsste aber angenommen werden, die Überschiebung von Chez Danville sei erst während der zweiten Phase entstanden; denn sie bedingt ein Steilbord, welches das erwähnte Einebnungsstück überragt. Jedenfalls kann der Hang W Chez Danville, an dem die flachliegenden überschobenen Hauptrogensteinbänke nach W zu austreichen, nicht als nachträglich schiefgestellte Einebnungsfläche gedeutet und mit einer noch flachliegenden Einebnungsfläche auf dem Gewölbescheitel bei Chez-Basuel verbunden werden. Denn ein Versuch, die ungefaltete Peneplain zu rekonstruieren, zeigt, dass die Zurückkipfung der «schiefgestellten Peneplain» W Chez Danville in horizontale Lage zu einer Schiefstellung des Gewölbescheitels und damit der Hochfläche von Chez Basuel führen würde.

Bei Annahme einer vollständigen Peneplainisierung der Caquerelle-Kette nach der ersten Faltungsphase würde sich somit unter Berücksichtigung der oben besprochenen Verhältnisse bei La Seignedessous folgendes ergeben:

Während der zweiten Faltungsphase wurde die Störung von Montmelon im SW von Montmelon reaktiviert, während sie sich im NE von Montmelon passiv verhielt. Dafür riss hier während der zweiten Phase die Überschiebung von Chez Danville auf. Nach dieser Interpretation hätte sich an der Störung von Montmelon während der zweiten Phase eine ähnliche Wechselbeziehung zwischen Transversalverschiebung und Überschiebung entwickelt wie bei der Hauptfaltung, nur hat sich das Auslösen der Überschiebung nach SW verlagert. Bei alledem ist festzuhalten, dass wegen der Spärlichkeit und Vieldeutigkeit der Relikte älterer Morphologie bestimmte Aussagen kaum möglich sind.

Ungewiss sind auch die Auswirkungen der zweiten Phase im N der Caquerelle-Kette. Hier wurde von E. SCHWABE die lehmbedeckte Hochfläche von La Caquerelle als Rest der alten Peneplain aufgefasst. Diese Hochfläche legt sich gleichförmig über B 3 und B 4 hinweg. Daraus müsste geschlossen werden, dass diese Brüche nicht wieder reaktiviert worden seien.

## 2. Die Frage der Faltungsphasen

Die Einebnungsfläche der Freiberge wurde von H. LINIGER (Lit. 39) der Auflagerungsfläche der Vogesenschotter des Bois de Raube und von Charmoille gleichgestellt. Denn auf den Höhen im N des Delsberger Beckens, welche die Fortsetzung der Peneplain der Freiberge bilden könnten, liegen geröllführende Lehmdecken über verschiedenaltigen Horizonten — z. B. auf dem Scheitel der Vorburg-Kette auf Hauptrogenstein —, und diese Lehmdecken wurden von LINIGER als in situ verarmte Bois de Raube-Schotter angesehen. Zugunsten dieser Interpretation spricht das deutliche Übergreifen der Vogesenschotter auf die Hochfläche von La Caquerelle; dabei gehen die Schotter allmählich in eine geröllführende Lehmdecke über. Diese Verhältnisse wurden von LINIGER zur Datierung der beiden Faltungsphasen verwendet: Der Hauptphase wurde präpontisches, d. h. spätmiozänes bis frühpliozänes Alter zugesprochen, die zweite, schwächere Phase wäre postpontisch.

Nun gelangte aber E. SCHWABE (Lit. 63) auf dem Weg eines morphologischen Vergleiches zwischen der Peneplain der Freiberge und den Einebnungsflächen der Franche Comté (Lit. 19) zum Schluss, die Abkappungsfläche der Gewölbe sei jünger als die Auflagerungsfläche der Vogesenschotter. Die «Höhenschotter» seien nicht überall als Verwitterungsprodukte in situ der Vogesenschotter aufzufassen.

Dieser Auffassung glaube ich beipflichten zu können, speziell unter Berücksichtigung der Verhältnisse im Pichoux E Montavon (Blatt Delémont). Hier lässt sich beobachten (siehe H. LINIGER, Lit. 39, Profil 3), dass zugleich mit dem S-Schenkel der Vorburg-Kette auch die Auflagerungsfläche der Vogesenschotter überkippt ist. Daraus liesse sich folgern, dass vor Ablagerung der Vogesenschotter der Schenkel fast flache Lagerung aufgewiesen hätte.

Die Wiederherstellung der tektonischen Verhältnisse vor Ablagerung der Vogesenschotter durch Ausglätten des Südschenkels zeigt aber, dass die geröllführende Lehmdecke auf dem Hauptrogenstein

des Scheitels kaum auf der gleichen Einebnungsfläche aufrufen kann wie die Vogesenschotter. Dies führt zur weiteren Schlussfolgerung, dass zwei verschiedenaltige Einebnungsflächen vorliegen und dass die Hauptfaltung erst nach der Ablagerung der Vogesenschotter erfolgt ist, entsprechend der Annahme E. SCHWABES.

Im Gebiet von La Caquerelle könnten sich die beiden Flächen schneiden. Im E der Landstrasse könnte die Gerölldecke den Vogesenschottern entsprechen. Diese würde somit hier bis auf die plattigen Kalke des obersten Rauracien übergreifen. Im W der Landstrasse liegt die nur noch spärliche Gerölle führende Lehmdecke über dem mittleren Rauracien, dem Bruch B 3 und dem Glypticien. Sie scheint, wegen der spärlichen Geröllführung und weil sie den reaktivierten Bruch schneidet, eher der jüngeren Einebnungsfläche zu entsprechen. Diese würde sich gegen E, wenn die oben wiedergegebenen Vermutungen richtig sind, über die Vogesenschotter legen.

Ich gebe diese Erörterungen hier mit allem Vorbehalt, weil morphologischer Argumentation stets viel Gefühlsmässiges anhaftet. Ausserdem können die Grundlagen für die grossen morphologischen Synthesen im Jura oft einer Kritik im einzelnen nicht standhalten (vgl. das Kapitel «Alte Doubsniveaus»). Ich halte deshalb eine gewisse Skepsis gegenüber den Ergebnissen der bisherigen Synthesen für angebracht.

### 3. Das Doubstal

Wohl den eigentümlichsten Zug im Landschaftsbild des Untersuchungsgebietes stellt das Doubstal dar, hauptsächlich wegen der Schlinge oberhalb St-Ursanne, dann auch wegen seiner schluchtartigen Eintiefung.

Erklärungsversuche für beide Erscheinungen sind von verschiedenen Autoren gegeben worden. Einig sind sie sich über die Eintiefung: sie ist bedingt durch eine regionale Hebung, welche nach der Faltung einsetzte (vgl. Lit. 63).

Bei der Erklärung für die Ausbildung der Doubsschlinge weichen die Meinungen stärker voneinander ab (Lit. 41, 57, 63). Meist wird jedoch seine Anlage als antezedent und mehr oder weniger unabhängig von der Tektonik bezeichnet. Nach den Darlegungen im tektonischen Teil dieser Arbeit dürften aber schon vor der Faltung die rheintalischen Brüche und Verbiegungen einen Einfluss auf die Anlage des Gewässernetzes ausgeübt haben. Im besonderen fällt auf, dass die Umbiegung des Doubs sich da vollzogen hat, wo im Osten schon die alten Brüche B 5 bis B 2 gleichsam einen Riegel gegen das Delsberger Becken geschaffen hatten. Die spätere Jurafaltung hat den Riegel noch verstärkt, indem sie ihn zur Caquerelle-Kette umformte.

Die Doubsklus von La Lomenne kann in ihrer ersten Anlage also wohl gegenüber der Faltung antezedent sein; sie war aber dabei abhängig von der rheintalischen Tektonik.

### Alte Doubsniveaus

Die Ausgestaltung des heutigen Doubslaufes ist in jüngster Zeit besonders von E. SCHWABE untersucht worden (Lit. 63). Er gelangte dabei zur Annahme von vier Eintiefungsphasen, die sich aus dem Vergleich von Relikten alter Terrassen ergeben sollen. Soweit diese nun auf Blatt St-Ursanne entfallen, hat die Neukartierung ergeben, dass verschiedene der morphologischen Erscheinungen auf die tektonischen Verhältnisse zurückzuführen sind. Besonders für die erste Phase fallen alle von SCHWABE auf Blatt St-Ursanne angeführten Argumente dahin:

Die Böschung, welche E Montenol den Scheitel der Clos du Doubs-Kette schief durchschneidet («Sporn von Montenol» nach SCHWABE) soll dem Gleithang eines alten Doubsmäanders entsprechen. In Wirklichkeit bezeichnet die genannte Böschung zunächst den Verlauf des Bruches B 6, ist also im wesentlichen tektonischen Ursprungs; zu ihrer Erklärung braucht damit keine alte Flussrinne angenommen zu werden.

Die Terrasse von Sévay (östlich St-Ursanne) entspricht einer kleinen Mulde im Kimmeridge, auf dem S-Flügel des Bruches B 6 (Profil 11).

Die Eckflur bei Gros Essert (Chételay) S Montenol ist bedingt durch den Ausbiss der Naticaschichten im N-Schenkel der Antiklinale von Champ de Souboz.

Die jüngeren Phasen der Eintiefung des Doubstales, wie sie E. SCHWABE annimmt, scheinen besser begründet zu sein; er stützt sich dabei auf regionale Vergleiche.

#### 4. Trockentäler

Die an einigen Stellen erkennbaren Trockentäler gehören meines Erachtens verschiedenartigen Entwässerungssystemen an.

##### a) Trockentäler älterer Entwässerungssysteme

Von La Morée (W Glovelier) zieht sich gegen NE über die Pâturage du Droit eine flache topographische Einmündung hin, die ungefähr parallel läuft zum Streichen des SE-Schenkels der Caquerelle-Kette. Sie steigt vom S Blattrand gegen La Morée zu zunächst leicht an, senkt sich dann aber wieder gegen NE zu. Diese Geländemulde wird durch die Combe du Bé, den heutigen Entwässerungsgraben, rechtwinklig geschnitten. Im SW von La Morée, am Kartenrand, fanden sich in der beschriebenen Senke einige wahrscheinlich verschwemmte Quarzit- und Buntsandsteingerölle (vgl. S. 14), welche darauf hindeuten, dass es sich um den Zeugen eines sehr alten Entwässerungssystems handelt. Ob dieses schon vor der Faltung bestanden hat, möchte ich unentschieden lassen.

Ins Kimmeridgeplateau von Le Malrang (zwischen St-Ursanne und La Caquerelle) sind in NW-SE-Richtung zwei mit Steilböschungen versehene Rinnen eingetieft, die mehr als 50 m über dem heutigen Bachniveau des quer zu den Rinnen verlaufenden Tälchens von Malrang abgeschnitten werden.

Es könnte sich dabei um die Spuren von Seitenbächen eines alten Doubsniveaus handeln. Die Rinnen könnten aber auch schon vor den Überschiebungen dieser Gegend bestanden haben (vgl. die Möglichkeit einer Reliefüberschiebung bei Noir Bois, S. 22). Die Seitenbäche des Doubs, die heute das Gebiet entwässern, zeigen jedenfalls viel engere Abhängigkeit von der Faltentektonik: der Bach E Malrang verläuft in der tektonischen Depression zwischen dem Überschiebungsrand der Caquerelle-Kette und dem S-Schenkel der Mont Terri-Kette; derjenige von Les Gripons nimmt seinen Ursprung in der überschobenen Oxfordcombe von Combe Chavat und hat sich von dort aus in den Malm von Les Gripons eingeschnitten.

Auch die Streuung der Gerölle auf dem Kimmeridgestreifen von La Seigne dessous bis La Seigne du Milieu längs der Störung von Montmelon (B 5) kann als Anzeichen für einen ehemaligen Flusslauf gedeutet werden. Dabei sind vor allem zwei Möglichkeiten in Betracht zu ziehen:

1. Die Gerölle sind Ablagerungen eines pontischen Vogesenflusses, der vom Bois de Raube-Fluss durch die Bruchzone von La Caquerelle getrennt war.
2. Die Gerölle sind sekundär verschleppt worden durch einen jüngeren SSW-NNE-verlaufenden Fluss, der als Vorläufer des Doubs aufgefasst werden kann.

Wenig N La Seigne dessous zeichnet sich überdies eine Rinne im Kimmeridge des Scheitels der Nebenantiklinale von Champ de Souboz ab; sie braucht indessen nicht in Beziehung zu stehen mit dem erwähnten Flusslauf, sondern kann ebensogut durch eine weniger widerstandsfähige Zone im Kimmeridge bedingt sein.

Die spärlichen morphologischen Relikte sind sehr schwer zu deuten; eine gewisse Abhängigkeit früherer Flüsse von den rheintalischen Störungen erscheint nicht ausgeschlossen. Es sei beiläufig auch auf die Bois de Raube-Schotter zwischen der Querfalte von Develier und dem Bruchgebiet von La Caquerelle hingewiesen. Vielleicht können regionale Untersuchungen uns einer Abklärung dieser Fragen näherbringen.

##### b) Trockentäler, die dem heutigen Gewässernetz angeschlossen sind,

finden sich W Chez le Baron in der Dalle nacrée des Gewölbescheitels und des S-Schenkels der Clos du Doubs-Kette, ferner in der Pâturage du Droit westlich des Tunnelleingangs von Glovelier und zwischen Montavon und Moulin de Séprais.

#### 5. Sackungen und Hakenwerfen

Ungefähr gleichzeitig mit der zweiten Faltungsphase oder in direktem Anschluss an dieselbe fand im Gebiet des Kettenjuras eine regionale Hebung statt, die ein tiefes Einschneiden des Doubs und seiner grösseren Nebenbäche zur Folge hatte. Dadurch kam es dann in den aus einer wechselnden Schichtfolge von Kalken und Mergeln bestehenden Talhängen zu Abbrüchen und ausgedehnten Sackungen. Die Lagerungsverhältnisse und die Durchlässigkeit der Kalke für Sickerwasser waren hiebei von grosser Bedeutung.

Folgen wir dem Doubslauf flussabwärts, so treffen wir bei Chétevat, ca. 30 m über dem linken Ufer, kleinere abgesackte Kimmeridgepakete.

Eine grössere aus Obersequan bestehende Sackungsmasse findet sich S Châtillon, beginnend ca. 80 m über dem Doubs und aufruhend auf Untersequan; sie bildet SSE Châtillon eine kleine Anhöhe. Wahrscheinlich hängt diese Sackung mit einer nach N gerichteten Schlinge eines alten Doubslaufes zusammen; denn sie liegt auf der Terrasse von Châtillon, welche nach E. SCHWABE einer dritten Eintiefungsphase des Doubs entspricht.

Unterhalb Champ de Souboz, bis oberhalb La Lomenne, verläuft der Doubs in einem weiten Sackungs- und Schuttgebiet, und zwar lassen sich in diesem Abschnitt zwei Sackungsgebiete unterscheiden: ein oberes zwischen Champ de Souboz und Ravines und ein unteres zwischen La Goute und dem Oberende des Quertales von La Lomenne.

Im Bereich der oberen Sackung ist von Bedeutung, dass SE von Montenol der Malm-S-Schenkel der Clos du Doubs-Kette vollkommen fehlt (vgl. Tafel I); er setzt erst E Ravines wieder ein (Rauracien von Les Oeuches). Offenbar ist dieses Fehlen durch die Erosion des Doubs bedingt, und zwar haben wir anzunehmen, dass ein tief eingeschnittenes Doubsbett einmal aus der Gegend von Champ de Souboz nach N zu verlief, den Malm-Südschenkel wegerodierte und dann — wenig SE Ravines — gegen E zu floss. Gegen diese vermutete alte Doubsschlinge sackte von W her das N Champ de Souboz liegende Rauracienpaket ab, während sich von der Südflanke der Clos du Doubs-Kette her Gehängeschutt und Pakete von Dalle nacrée und Calcaire roux loslösten und bis fast ins Doubsniveau hinabglitten.

Diese Sackungsmassen zwangen zu einer Verlegung des Doubslaufes ins SE anstossende Gebiet, und wahrscheinlich als Folge dieser Verlegung lösten sich dann am SE-Hang des Doubstales im Abschnitt von Plain du Noyer ausgedehnte, aus Rauracien und plattigen Kalken bestehende Sackungsmassen los; sie bilden die steile Uferböschung des Doubs und werden nach oben durch eine Flachzone im Abhang begrenzt. Durch diese Sackungen erfolgte dann eine Verlegung des Doubsbettes gegen NW zu, und es bildete sich die heutige Rinne.

Unabhängig von der Sackung von Plain du Noyer ist eine N La Seigne dessous liegende Sackungsmasse (vgl. Tafel I). Sie liegt ca. 200 m über dem Doubs am Abhang zwischen 650 und 770 m Höhe und besteht aus Kimmeridge und Obersequan, die auf den Mergeln des mittleren und unteren Sequans abgeglitten sind. Ob diese Sackung in Verbindung steht mit einem alten Doubsniveau, das hier von E. SCHWABE angenommen wird, muss offen gelassen werden.

Über das Gebiet der vorhin erwähnten unteren Sackungen gilt folgendes:

Während das W-Ufer des Doubs zwischen Les Oeuches und dem Oberende des Quertales von La Lomenne aus einer intakten Malm-Dogger-Serie besteht, finden wir am E-Ufer nur Gehängeschutt und Bergsturzmassen, ferner Sackungspakete von Hauptrogenstein und Rauracien. Tafel I zeigt, dass die Schuttmassen vom Doubs aus hinaufreichen bis in den Bereich des Kerns der Caquerelle-Kette S Montmelon. Insbesondere ist darauf hinzuweisen, dass der Hauptrogenstein, der als Blockschutt am Abhang sehr verbreitet ist und sogar ein Sackungspaket unten am Ufer des Doubs bildet, nur von der Scheitelpartie der Caquerelle-Kette hergeleitet werden kann.

Diese Verhältnisse lassen sich durch folgende Annahmen erklären: Vermutlich bildete der Doubs — in einem früheren Stadium seines Einschneidens — im S von Montmelon eine gegen E vorspringende Schlinge, die möglicherweise den Kern der Caquerelle-Kette bis auf die Opalinustone angeschnitten hat. Im Zusammenhang hiemit fanden wahrscheinlich auch schon Absackungen aus der hangenden Dogger-Serie des Gewölbescheitels statt; dafür sprechen die ausgedehnten Schuttgebiete S Montmelon.

Diese Schuttmassen drängten den Doubs gegen W zu, und es entstand — beim Tiefererschneiden — die Lücke zwischen dem Malmsporn von Montmelon im N und dem von Le Chaudiron im SW. Den tieferen Untergrund in dieser Lücke bildet das tonige Oxfordien, und dadurch war — beim weitem Einschneiden des Doubs — die Möglichkeit geschaffen, dass aus Dogger bestehende Schutt- und Sackungsmassen bis ins Niveau des heutigen Doubs gelangen konnten. So entstand der lange Rutschhang, der sich von den Hauptrogensteinflühen von Le Bosnier SE Montmelon bis hinab zum heutigen Doubslauf erstreckt und durch unruhige Oberflächengestaltung gekennzeichnet ist. In diesen Schuttmassen ist das NW-Portal des Gloveliertunnels angesetzt. Nach den Angaben von MATHEY zeigt hier die Schuttdecke keine sehr

grosse Mächtigkeit; es ist aber möglich, dass der obere Teil der unter dem Schutt angetroffenen Opalinustone noch zur Rutschmasse gezählt werden muss (vgl. Fig. 3, S. 27). Auf diesem Hang gleiten auch heute noch Sackungs- und Schuttmassen aus dem Kern der Caquerelle-Kette in ständiger Bewegung gegen das Doubstal.

Im Doubstal unterhalb der Klus von La Lomenne sind grössere Sackungsmassen, die den Flusslauf abgedrängt haben oder ihn heute noch abzudrängen versuchen, nicht nachweisbar. Dafür zeigt sich, wie auf S. 34 dargelegt wurde, Hakenwerfen grossen Ausmasses im S-Schenkel der Clairmont-Kette. Eigentliche Sackungen sind dagegen sehr verbreitet auf dem Scheitel der Clairmont-Kette.

Ausgedehnte Sackungen finden sich auch in den Seitentälchen des Doubs. Besonders zu erwähnen sind die Sackungen von Brunefarine (vgl. S. 32), wo oberer Malm über den Naticaschichten abgeglichen ist, sowie vor allem die Sackungen von Outremont-Forêt du Chaibiat (im S-Schenkel der Mont Terri-Kette), welche Hauptrogenstein und unteren Dogger umfassen (vgl. S. 32 und 33). Auch hier dürfte mit tiefreichendem Hakenwerfen der tieferen Partien des Schenkels zu rechnen sein. Endlich findet sich in der Oxfordcombe von Montnat ein grösseres Rauracienpaket, das vom Plainmont de Montnat abgesackt ist.

Ausserhalb des Doubstaales sind noch die Sackungen im S-Schenkel der Vorburg-Kette NW Montavon sowie das Hakenwerfen im oberen Malm von La Couperie (NW Boécourt) zu erwähnen; wir haben schon im tektonischen Teil auf sie hingewiesen.

## 6. Karstformen

Mit dem tiefen Einschneiden der Flüsse bildeten sich in den Kalkgebieten der Hochflächen Karstphänomene.

### a) Einsturztrichter

Wie schon andernorts beschrieben wurde (Lit. 25, 63), sind die Grenzen zwischen mergeligen und kalkigen Schichten häufig durch lange Reihen von Einsturztrichtern gekennzeichnet. Besonders charakteristisch sind sie für die Grenze Dalle nacrée/Oxfordien (z. B. bei Chez Basuel-Combe Chavat in der Caquerelle-Kette, bei Chez le Baron auf dem Clos du Doubs, bei Outremont im S-Schenkel der Mont Terri-Kette). Bei La Seigne du Milieu (SW Montmelon) bezeichnen sie den anomalen Kontakt zwischen Kimmeridge und Opalinustonen längs der Störung von Montmelon, bei Champ de Souboz (S Montenol) die Grenze des gesackten Rauracien gegen angerutschte und angeschwemmte Lehme (vgl. S. 40).

### b) Karren

Karrenbildungen, oft mehrere Dezimeter tief, durchfurchen den oberen Malm über der Bergstrasse südöstlich L'Ordon (SE-Schenkel der Caquerelle-Kette) und E La Caquerelle. Sie dürften ihre Entstehung den vegetationslosen Glazialzeiten verdanken. Heute sind sie meist mit Humus und Schutt angefüllt und von Pflanzen überwuchert (vgl. auch Lit. 19, 25, 55, 63).

## 7. Quellen

Das auf den Hochflächen gesammelte Wasser tritt grösstenteils an den Talhängen als Schichtquellen wieder zutage. Besonders nach Regenfällen sind die Obergrenzen der mergeligen Schichten stets durch lange Reihen von Quellen ausgezeichnet.

Erwähnenswert sind die Quellen, welche bei Chez Danville (NE Montmelon) über den Acuminata-schichten austreten. Der obere Hauptrogenstein des Gewölbescheitels der Caquerelle-Antiklinale ist hier ein ausgezeichneter Wassersammler. Er sichert einen erstaunlichen Wasserreichtum auch in Trockenzeiten, trotz der hohen Lage über dem Doubsniveau. Einer der ergiebigsten Quellhorizonte ist sodann die Basis der Mumienbank im mittleren Sequan, z. B. längs des Doubs SW Montmelon, besonders ob Tariche.

Auch Schuttquellen sind häufig. Sie spielen jedoch nur im Rutschgebiet von Montmelon eine grössere Rolle.

## Zusammenfassung der wichtigsten Resultate

### Stratigraphie

#### Tertiär

Eozäner Quarzsand und Bolus tritt häufig in tektonischen Spalten auf. Diese Spalten dürften eozäner Anlage sein; sie sind aber später reaktiviert worden.

Die Molasse alsacienne ist bei Glovelier diskordant an die durch ältere Erosion schief abgeschnittenen Bänke des oberen Kimmeridge angelagert. Ob zwischen den Schichten des Kimmeridge und denen der Molasse Winkeldiskordanz vorliegt, kann nicht sicher entschieden werden.

Die dem Pontien angehörenden Vogesenschotter des Bois de Raube schliessen grössere Stillwasserbildungen ein (Süsswasserkalke und Mergel). Nach morphologischen und tektonischen Kriterien sind Höhenlehme und Höhen«schotter» z. T. wahrscheinlich jüngere Umlagerungen der Vogesenschotter.

#### Tektonik

Das Kartengebiet St-Ursanne ist charakterisiert durch intensive Beeinflussung der Faltung durch präexistente rheintalische Brüche. Besonders eigentümlich ist das Verhalten der Grenzregion zwischen dem so gut wie ungestörten W-Teil des Delsberger Beckens und den in seiner W Fortsetzung liegenden Ketten.

Wie die Detailkartierung ergab, streicht das den W-Teil des Pfirter Juras durchsetzende Bruchbündel nach SSW zu ununterbrochen weiter auf das Kartengebiet St-Ursanne; und zwar kommt hiebei dem Le Gyps-Bruch (B 3) und der Störung von Montmelon (B 5) besondere Bedeutung zu.

Während die östlich an diese Störungen anstossende Schichtfolge bei der Jurafaltung zum SE-Schenkel der Caquerelle-Kette — und damit zum W-Rand des Delsberger Beckens — aufgerichtet wurde, entstanden im Abschnitt westlich der Störung B 5 mehrere Juraketten, mehr oder weniger parallel E-W verlaufend. Dieses Verhalten zeigt, dass der Abschnitt des Delsberger Beckens gleichsam en bloc verschoben wurde, während der W-Teil Faltung erfuhr; unter dem Einfluss der en bloc-Verschiebung vollzogen sich längs dem Le Gyps-Bruch und der Störung von Montmelon beträchtliche Transversalverschiebungen.

Die Störung von Montmelon lässt sich gegen SW zu auf das Kartengebiet Undervelier verfolgen, wo sie die St-Brais-Kette von der Caquerelle-Kette trennt. Diese früher zu einer einzigen Antiklinale zusammengefassten Gewölbe müssen also als gesonderte Einheiten betrachtet werden.

Bei La Caquerelle springt die für den SW-Teil des Bruches B 5 charakteristische transversale Bewegung mittels Überschiebungen auf den weiter E gelegenen Le Gyps-Bruch (B 3) über; sie äussert sich weiter N (auf Kartengebiet Miécourt) besonders durch die bekannte Blattverschiebung in der Vorburg-Kette.

Die Auffaltung der Caquerelle-Kette ist bedingt durch die Zerlegung des S-N-Schubes in zwei Komponenten. Die parallel zur Transversalverschiebung nach NNE gerichtete Komponente ist die stärkere und erzeugt im nördlichen Abschnitt der Antiklinale die Überschiebungen bei La Caquerelle; die schwächere führt zur Aufrichtung des SE-Schenkels. Ein eigentlicher NW-Schenkel der Antiklinale fehlt.

Der S-Schenkel der Mont Terri-Kette wird von mehreren, ebenfalls rheintalischen Querbrüchen durchsetzt. Längsstörungen und Überschiebungen sind auf Blatt St-Ursanne in dieser Antiklinale nicht festzustellen. Im NE von Sur la Croix geht aus einer axialen Aufwölbung, die auf einer weithin verfolg- baren Querlinie liegt, die Clairmont-Kette hervor. Von Sur Plainmont gegen W zu entwickelt sich ein neuer Kern der Mont Terri-Kette.

Die Clos du Doubs-Kette ist im grossen und ganzen eine Kofferfalte. Der Malm des S-Schenkels zeigt ausgesprochene disharmonische Überschiebungen. Ausserdem zeigt auch diese

Kette Beeinflussung durch alte Querstörungen: Zwei Brüche, die in ihren Bereich eindringen, bedingen die Nebenantiklinalen von La Joux Chaupe im N und von Champ de Souboz im S.

### **Morphologie**

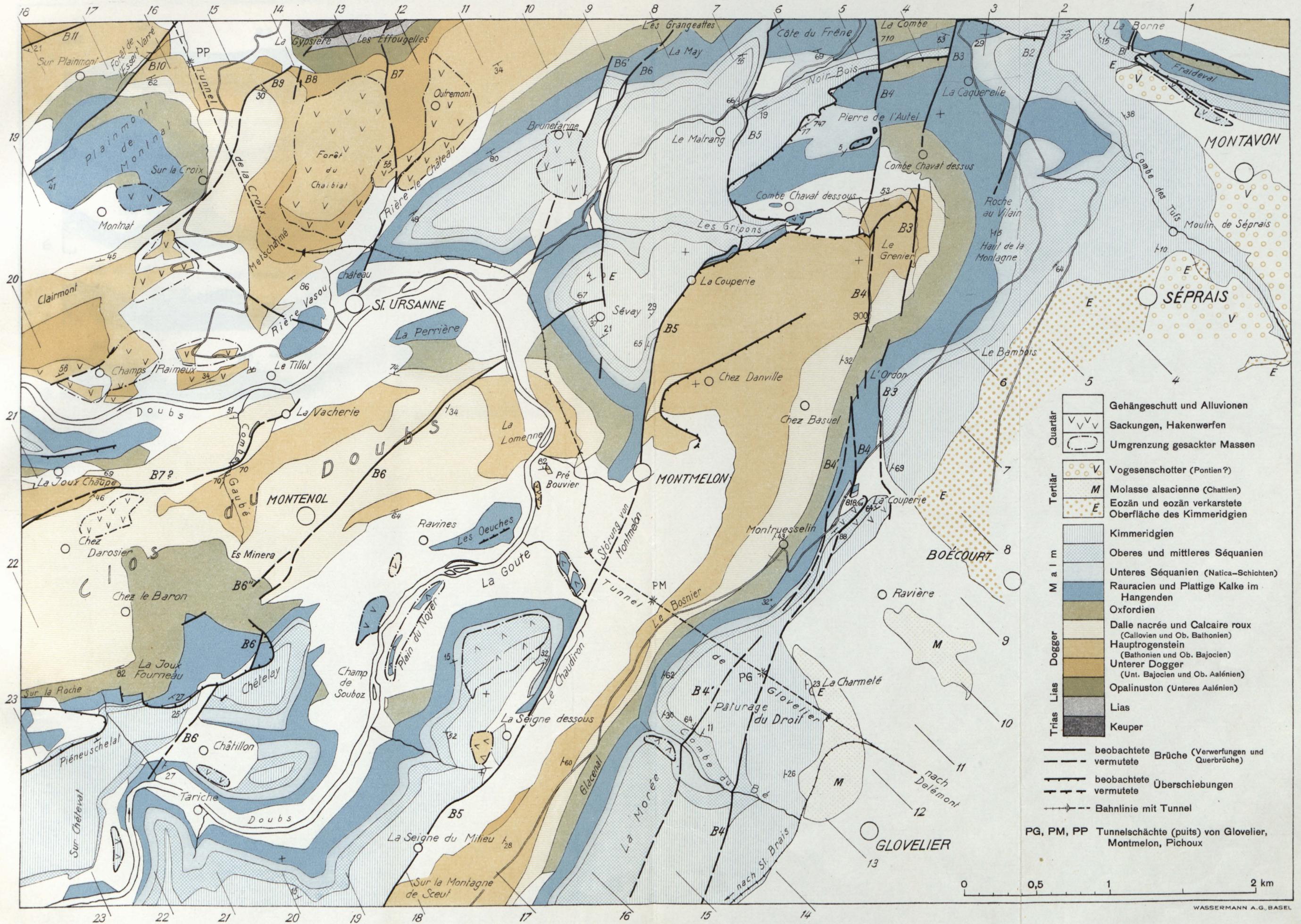
Die Auswirkungen der zweiten Faltungsphase im Kartengebiet St-Ursanne lassen sich nicht eindeutig festlegen. Im Gebiet der Caquerelle-Kette war entweder die Peneplainisierung vor der Schlussphase der Jurafaltung nicht vollständig oder aber es fand während der zweiten Faltungsphase eine beträchtliche Reaktivierung der Störung von Montmelon statt. Ausserdem ist wahrscheinlich die «Peneplain der Freiberge» nicht der Auflagerungsfläche der Vogesenschotter gleichzustellen. Diese dürften vielmehr vor der Hauptfaltung abgelagert worden sein. Die zerstreuten Höhengerölle sind also oft nicht als in situ verarmte, sondern als nachträglich verschleppte Vogesenschotter aufzufassen.

Anzeichen von alten Rinnen, die möglicherweise schon vor der letzten Auffaltung angelegt wurden, finden sich bei La Morée, La Seigne dessous und Le Malrang.

Die Doubsschlinge und die Klus von La Lomenne sind wahrscheinlich antezedent der Faltung und in ihrer ersten Anlage abhängig von der rheintalischen Bruchtektonik.

Durch das tiefe Einschneiden des Doubs wurden mehrere grössere Sackungen ausgelöst, die deutliche Verlagerungen des Flusslaufes zur Folge hatten.

---



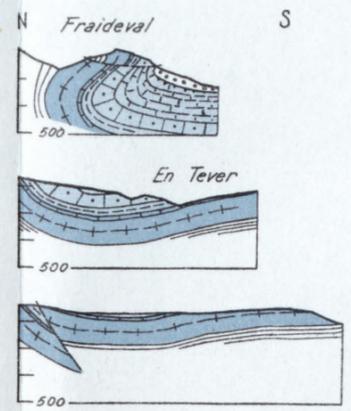
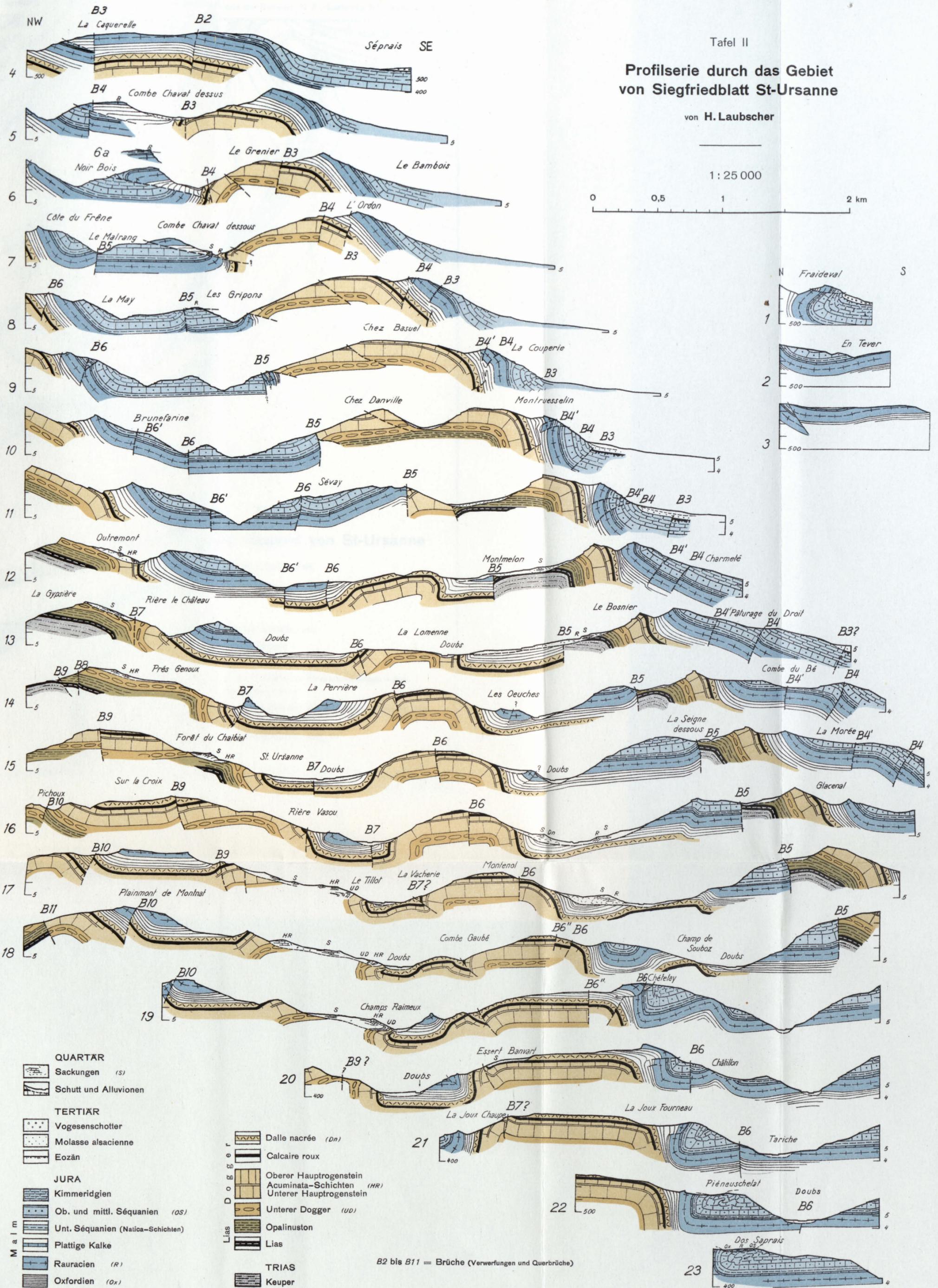
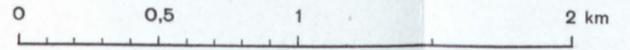
Tafel I. Tektonische Karte des Gebietes von Siegfriedblatt St-Ursanne, 1:25 000, von H. Laubscher

Tafel II

### Profilserie durch das Gebiet von Siegfriedblatt St-Ursanne

von H. Laubscher

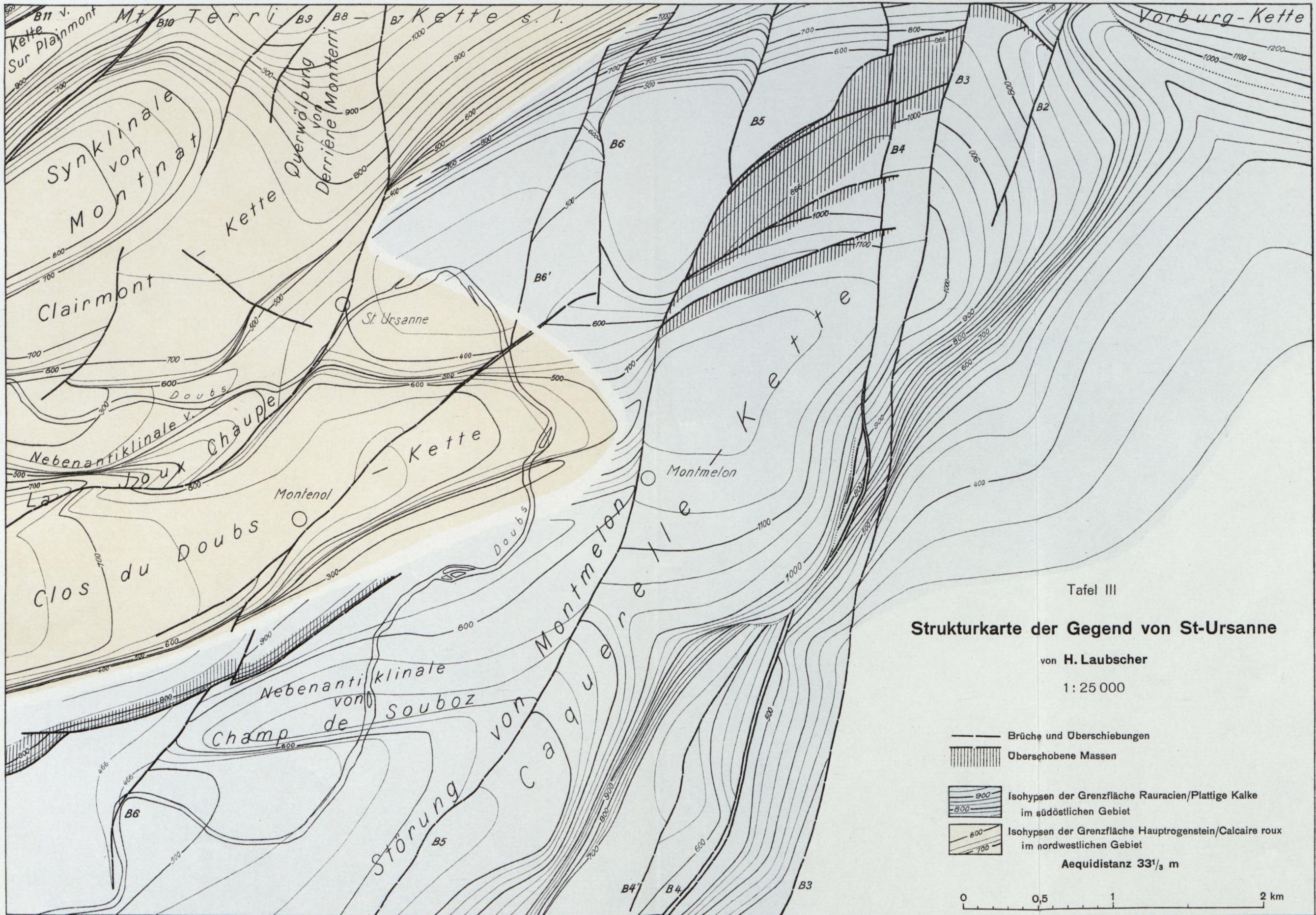
1 : 25 000



- QUARTAR**
- Sackungen (s)
  - Schutt und Alluvionen
- TERTIAR**
- Vogesenschotter
  - Molasse alsacienne
  - Eozän
- JURA**
- Kimmeridgien
  - Ob. und mittl. Séquanien (OS)
  - Unt. Séquanien (Natica-Schichten)
  - Plattige Kalke
  - Rauracien (R)
  - Oxfordien (Ox)

- DOBBER**
- Dalle nacrée (Dn)
  - Calcaire roux
  - Oberer Hauptrogenstein Acuminata-Schichten (HR)
  - Unterer Hauptrogenstein (UD)
  - Opalinuston
  - Lias
- LIAS**
- Lias
- TRIAS**
- Keuper

B2 bis B11 = Brüche (Verwerfungen und Querbrüche)



Tafel III

**Strukturkarte der Gegend von St-Ursanne**

von H. Laubscher

1:25 000

Aequidistanz 33<sup>1</sup>/<sub>3</sub> m

