

**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, 88. Lieferung**

Des ganzen Werkes 118. Lieferung

---

**Geologie**  
**der Umgebung von Schwarzenburg**  
(Kanton Bern)

Von

**Bruno Antonio Frasson**

Mit 17 Textfiguren und 1 Tafel

**BERN**

In Kommission bei  
KÜMMERLY & FREY AG., Geographischer Verlag, Bern  
1947

Gedruckt bei Stämpfli & Cie.

## Vorwort der Geologischen Kommission

In der Sitzung vom 9. März 1946 legte Herr Dr. BRUNO ANTONIO FRASSON der Geologischen Kommission das Manuskript seiner Dissertation «*Geologie der Umgebung von Schwarzenburg (Kt. Bern)*» vor, mit dem Gesuch, die Arbeit in die «Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz» aufzunehmen. Dem ausführlichen Text war eine reiche Illustration beigegeben, namentlich aber auch die geologische Kartierung des *Siegfriedblattes 334 Schwarzenburg*, die Herr FRASSON auf Anregung der Herren Prof. P. ARBENZ (†) und P.-D. Dr. R. RUTSCH 1942 begonnen und unter Leitung von Herrn RUTSCH in den letzten Jahren zum Abschluss gebracht hatte. Das Kartengebiet Schwarzenburg bildet den SW-Viertel des *Atlasblattes 332—335 Neuenegg—Oberbalm—Schwarzenburg—Rüeggisberg*, dessen übrige drei Blätter Herrn Dr. RUTSCH zur Bearbeitung überwiesen worden sind; für die *Kartengebiete Oberbalm und Rüeggisberg* sei auf seine Beschreibungen in den Lieferungen 66 und 87 der «Beiträge zur Geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge» verwiesen.

In Berücksichtigung der wertvollen Arbeit, die Herr FRASSON durch die Kartierung von *Blatt Schwarzenburg* geleistet hat — welche später benützt werden soll bei der Herausgabe des oben erwähnten Blattes des «Geologischen Atlas der Schweiz» —, beschloss die Kommission, die Arbeit in die Serie der «Beiträge» aufzunehmen. Herr FRASSON hatte sich seinerseits bereit erklärt, einen namhaften Anteil der Druckkosten zu übernehmen, wofür ihm die Geologische Kommission zu grossem Danke verpflichtet ist.

Die Belegsammlungen zu der vorliegenden Arbeit befinden sich im Geologischen Institut der Universität Bern.

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

Basel, den 15. August 1946.

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 Arbeit wurde auf Anregung der Herren Prof. Dr. P. ARBENZ († 31. Januar 1943) und P.-D. Dr. R. RUTSCH vom Sommer 1942 bis Sommer 1945 im Geologischen Institut der Universität Bern ausgeführt.

Als Ausgangspunkt diente die geologische Kartierung des Siegfriedblattes Schwarzenburg 334, welches die SW-Ecke des geologischen Atlasblattes 332—335 bildet. Die Blätter 332 Neuenegg, 333 Oberbalm und 335 Rüeggisberg werden von Herrn Dr. RUTSCH im Auftrage der Geologischen Kommission S. N. G. kartiert.

Für die geologischen Aufnahmen standen mir folgende topographische Karten zur Verfügung:

1. Siegfriedblatt 334 Schwarzenburg, 1 : 25 000 (topographische Aufnahme 1856, letzte Nachträge 1939);
2. Photokopien der Übersichtspläne 1 : 10 000 der Gemeinden Wahlern, Guggisberg und Albligen;
3. Gemeindepläne 1 : 5000 der freiburgischen Gemeinden Alterswil, St. Antoni und Heitenried.

Vom Gebiet westlich der Taferna, das zur Gemeinde Schmitten gehört, waren zur Zeit meiner Feldaufnahmen keine Gemeindepläne erhältlich.

Die ganze Arbeit wurde unter Leitung des Herrn Dr. RUTSCH ausgeführt. Ich danke ihm für seine wohlwollende und tatkräftige Unterstützung bei den Begehungen im Felde, sowie auch bei der Ausarbeitung des Textes herzlich.

Zu grossem Dank bin ich Herrn Prof. Dr. J. CADISCH verpflichtet, der meiner Arbeit stets grosses Interesse entgegenbrachte, sowie den Herren Prof. Dr. H. HUTTENLOCHER und Prof. Dr. H. GÜNZLER-SEIFFERT, die mich mit manchem guten Rat unterstützten und mir bei den mikroskopischen Untersuchungen und Gesteinsbestimmungen behilflich waren.

Durch das Entgegenkommen von Herrn Prof. Dr. P. NIGGLI war es mir möglich, mich während eines Aufenthaltes am Mineralogisch-Petrographischen Institut der E. T. H. in Zürich im Winter 1943/44 unter Anleitung von Herrn Dr. A. VON MOOS in die sedimentpetrographischen Untersuchungsmethoden einzuarbeiten. Ich danke diesen beiden Herren aufs verbindlichste.

Herr Direktor Ing. H. GUBELMANN vom Städtischen Gas- und Wasserwerk Bern stellte mir in zuvorkommender Weise Pläne und Bohrprofile des Quellgebietes von Schwarzenburg zur Verfügung. Die Herren Prof. J. TERCIER, Dr. O. BÜCHI in Freiburg i. Ü., Herr Grossrat E. W. STALDER in Guggisberg unterstützten meine Arbeit mit zahlreichen Hinweisen; Herr E. HALDEMANN, cand. geol., war mir bei den Nagelfluhuntersuchungen behilflich. Allen diesen Herren entbiete ich meinen aufrichtigen Dank.

In hohem Masse bin ich der Geologischen Kommission der S. N. G. und besonders ihrem hochverehrten Präsidenten, Herrn Prof. Dr. A. BUXTORF, verpflichtet für die Aufnahme der Arbeit in die «Beiträge» und für die Übernahme eines wesentlichen Teils der Druckkosten.

Bern, im Mai 1946.

B. A. Frasson.

## Inhaltsverzeichnis

	Seite		Seite
Vorwort der Geologischen Kommission . . . . .	III	B. Sedimentpetrographische Untersuchungen . . .	31
Vorwort des Verfassers . . . . .	IV	1. Die Guggisberger Nagelfluh . . . . .	31
Verzeichnis der Illustrationen . . . . .	VI	Die Geröllführung . . . . .	31
Literaturverzeichnis . . . . .	VII	Tabellen zur Kennzeichnung der Guggisberger Kalknagelfluh . . . . .	35
Allgemeine Orientierung . . . . .	1	Die Entstehung der Guggisberger Nagelfluh . . . . .	39
Die bisherigen Untersuchungen . . . . .	2	2. Schwerermineral-Untersuchungen an Molasse-sandsteinen . . . . .	39
I. Molasse . . . . .	6	Die Probeentnahmestellen . . . . .	40
A. Stratigraphie . . . . .	6	Tabellen der Schwerermineralführung . . . . .	42
1. Aquitanien . . . . .	7	Vergleiche mit anderen Gebieten . . . . .	44
Das Aquitanien im Sense-Cañon . . . . .	7	Herkunft der Schwerermineralien und Genese der Psammite . . . . .	44
Das Aquitanien im Tafernatal und im Seeligraben . . . . .	7	C. Tektonik . . . . .	45
Die Gesteine . . . . .	8	Die Albligen-Synklinale . . . . .	46
Stratigraphische Bedeutung der bunten Mergel . . . . .	10	Die Schwarzenburg-Antiklinale . . . . .	46
Fossilführung und Alter . . . . .	10	Laubbach-Synklinale und Falten von Fallvorsassli . . . . .	48
Fazies . . . . .	11	Brüche und Klüftung . . . . .	48
Beziehungen zu den benachbarten Gebieten . . . . .	12	II. Quartär . . . . .	52
2. Burdigalien . . . . .	14	1. Riss-Eiszeit . . . . .	52
Das Basiskonglomerat (Scherli-Nagelfluh) . . . . .	14	Riss-Erratika . . . . .	52
Tabellen zur Kennzeichnung der Scherli-Nagelfluh . . . . .	16	Zelgschotter . . . . .	52
Die Zone der Bausandsteine . . . . .	19	2. Riss-Würm-Interglazial . . . . .	53
Oberes Burdigalien . . . . .	20	3. Würm-Eiszeit . . . . .	54
Fossilführung und Alter . . . . .	20	Vorstoss des würmeiszeitlichen Rhonegletschers . . . . .	54
Die Abgrenzung des Burdigalien gegen das Helvétien . . . . .	21	Würm-Maximalstand . . . . .	56
Der Anschluss an die Nachbargebiete . . . . .	21	Würm-Rückzugsphasen . . . . .	56
3. Vindobonien (Helvétien und ?Tortonien) . . . . .	22	4. Alluvium . . . . .	57
Das Schichtprofil . . . . .	22	Felsstürze und Rutschungen . . . . .	57
Der untere Abschnitt des Vindobonien . . . . .	22	Moore . . . . .	58
Der mittlere Abschnitt des Vindobonien . . . . .	25	Quelltuffabsätze . . . . .	58
Der obere Abschnitt des Vindobonien (?Tortonien) . . . . .	29	Quellen und Grundwasseraufstösse . . . . .	58
Beziehungen zu den Nachbargebieten . . . . .	30	III. Nutzbare Ablagerungen . . . . .	60
		IV. Zusammenfassung . . . . .	61

## Verzeichnis der Illustrationen

	Seite
Fig. 1 Schichtfolge der Molasse in der Umgebung von Schwarzenburg . . . . .	6
» 2 Stratigraphisches Detailprofil durch die Grenzregion Aquitanien-Burdigalien an der Freiburgstrasse bei der Sodbachmühle . . . . .	9
» 3 Wulstartige Rinnenausfüllung in den Mergel- und Sandsteinschichten des Aquitanien der Senseschlucht unterhalb Schwenny . . . . .	12
» 4 (a—c) Sedimentationserscheinungen in der Scherli-Nagelfluh . . . . .	17/18
» 5 Rinnenausfüllung durch das Basiskonglomerat . . . . .	19
» 6 Stratigraphisches Profil durch das Vindobonien von Guggisberg . . . . .	22
» 7 Dünnschliffbild des Bindemittels der Helvétien-Kalknagelfluh von Grubenboden bei Milken . . . . .	24
» 8 Dünnschliffbild des fossilführenden Helvétien-Mergels von Pfadscheuer . . . . .	28
» 9 Die Denudationsterrassenlandschaft von Guggisberg, von Westen aus gesehen . . . . .	29
» 10 Dreieckprojektion der Geröllarten in den verschiedenen Nagelfluhhorizonten . . . . .	37
» 11 Beziehung der Geröllgrösse zu den verschiedenen Nagelfluhhorizonten . . . . .	37
» 12 Isohypsen der Grenzfläche Aquitanien-Burdigalien . . . . .	47
» 13 Kluftrichtungen in den aquitanen und burdigalen Sandsteinen der Senseschlucht zwischen Bodenmätteli und Spitzeren . . . . .	50
» 14 Kluftrichtungen in den aquitanen und burdigalen Sandsteinen der Senseschlucht zwischen Spitzeren und Sodbachmühle . . . . .	50
» 15 Kluftrichtungen in den burdigalen Sandsteinen der Senseschlucht zwischen Schönfels-Grasburg und Helfenberg . . . . .	51
» 16 Kluftrichtungen in den burdigalen Sandsteinen im Wasserstollen zwischen Stolzerenmühle und Steinhaus . . . . .	51
» 17 Situationsplan des untersten Teils der Sodbachschlucht (mit Profil) . . . . .	55

Tafel I, Fig. 1: Geologische Kartenskizze der Umgebung von Schwarzenburg. 1 : 25 000.

Fig. 2: Tektonisches Querprofil durch die Molasse im Sensetal zwischen Mittelhäusern und Fallvorsassli östlich Plaffeien. 1 : 50 000.

## Literaturverzeichnis

1. ABEL, O.: Vorzeitliche Lebensspuren. Jena 1935.
2. AEBERHARDT, B.: L'ancien glacier de l'Aar et ses relations avec celui du Rhône. *Eclogae geol. Helv.* 10 (S. 752), 1910.
3. BÄRTSCHI, E.: Das westschweizerische Mittelland. Versuch einer morphologischen Darstellung. *Neue Denkschr. Schweiz. Natf. Ges.* 47, Abh. 2, 1913.
4. BECK, P.: Das stampische Alter der Thuner Nagelfluh und deren Bedeutung für den Bau des Alpenrandes. *Mitt. Natf. Ges. Bern* 1922 (S. XX). Bern 1923.
5. BERSIER, A.: La forme de la transgression burdigalienne dans la région vaudoise. *Compte-rendu sommaire des Séances de la Soc. géol. France*, 1936.
6. BERZ, K.: Über die Natur und Bildungsweisen der marinen Eisensilikate, insbesondere der chamositischen Substanzen. *Fortschr. Geol. und Pal.*, Heft II. Berlin 1926.
7. BÜCHI, O.: Interglaciales Senseläufe. *Eclogae geol. Helv.* 20, 1 (S. 226), 1927.
8. — Geologische Resultate der Wasserbohrung von der Hofmatt bei Alterswil. *Eclogae geol. Helv.* 28, 2 (S. 536), 1935.
9. — Die neue Trinkwasserversorgung der Stadt Freiburg. *Geologie und Hydrologie der Hofmattquellen. Bull. Soc. fribourgeoise sci. nat. Proc. verb.* 33, 1937.
10. BUSS, H.: Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg. *Diss. Univ. Freiburg* 1920.
11. CADISCH, J.: Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Nagelfluh. *Eclogae geol. Helv.* 18, 2 (S. 222), 1923.
12. — Das Werden der Alpen im Spiegel der Vorlandsedimentation. *Geol. Rundschau* 9, 2 (S. 105), 1928.
13. DE CHARPENTIER, J.: *Essai sur les glaciers et sur le terrain du bassin du Rhône*. Lausanne 1841.
14. CORRENS, C. W.: Die Sedimentgesteine. In «Entstehung der Gesteine» von T. Barth, C. W. Correns, P. Eskola. Berlin 1939.
15. CUSHMAN, J. A.: Shallow-water foraminifera of the Tortugas region. *Carnegie Inst. Public.* 311, 1922.
16. FREY, O.: Talbildung und glaziale Ablagerung zwischen Emme und Reuss. *Neue Denkschr. Schweiz. Natf. Ges.* 41, 1907.
17. FREY, R.: Über die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, N. F.* 41, IV, 1912.
18. FRÜH, J. J.: Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. *Neue Denkschr. allg. Ges. f. d. ges. Natw.* 30, 1890.
19. GALLIHER, E. W.: Biotit-Glaukonit-transformation and associated minerals. In: «Recent marine sediments.» A symposium, edit. by Parker D. Trask. London 1939.
20. GEIGER, E.: Petrographie der Molasse. *Mitt. Thurg. Natf. Ges.*, Heft 29, 1933.
21. GERBER, ED.: Jensberg und Brüttelen. Zwei Ausgangspunkte für die Molassestratigraphie des bernischen Mittellandes. *Eclogae geol. Helv.* 12, 4 (S. 451), 1913.
22. — Geologisches Profil von Thörishaus bis zur Pfeife. *Mitt. Natf. Ges. Bern* 1915 (S. XLI). Bern 1916.
23. — Geologische Bearbeitung der Steinbrüche des Kantons Freiburg. In «Steinbruchband» (siehe Lit. 61), 1915.
24. — Molasseprofile zwischen Bielersee und Gurnigel. *Mitt. Natf. Ges. Bern* 1918 (S. XXII). Bern 1919.
25. — Neuere geologische Untersuchungsergebnisse aus der Umgebung von Bern. *Mitt. Natf. Ges. Bern* 1920 (S. XIX). Bern 1921.
26. — Über die subalpine Molasse zwischen Aare und Sense. *Eclogae geol. Helv.* 17 (S. 346), 1922.
27. — Über die Zweiteilung der Meeresmolasse in der Umgebung von Bern. *Eclogae geol. Helv.* 18 (S. 246), 1923.
28. — Über die Schiefstellung der Molasse in der näheren und weiteren Umgebung von Bern. *Mitt. Natf. Ges.* 1924 (S. XXII). Bern 1925.

29. GERBER, ED.: Geologie des Gurnigels. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. 50, II. 1925.
30. — Über die Molasse im Amtsbezirk Bern. Mitt. Natf. Ges. Bern 1925 (S. 38). Bern 1926.
31. — Neue Fossilfundstellen in der Umgebung von Rüschegg und Guggisberg. Mitt. Natf. Ges. Bern 1931 (S. XII). Bern 1931.
32. — Zur Stratigraphie und Tektonik der subalpinen Molasse von Rüschegg (Kt. Bern). Mitt. Natf. Ges. Bern 1931 (S. 67). Bern 1932.
33. — Andeutungen von Sedimentationszyklen in der Molasse des bernischen Mittellandes. Eclogae geol. Helv. 25 (S. 238), 1933.
34. GERBER, P.: Morphologische Untersuchungen am Alpenrand zwischen Aare und Saane. Diss. Univ. Freiburg 1921.
35. — Le Paysage fribourgeois en escalier. Extr. Proc. verb. soc. fribourg. sci. nat. 1926, 107<sup>e</sup> sess., 1927.
36. GILLIÉRON, V.: Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne compris dans la feuille XII. Mat. Carte géol. de la Suisse, livr. 18, 1885.
37. DE GIRARD, R.: Tableau des Terrains de la région fribourgeoise. Extr. Bull. Soc. fribourg. sci. nat. II, 3<sup>e</sup> édit., 1901.
38. GRUNAU, H.: Das Ophiolithvorkommen von Hauen am Jaunpass (Kt. Bern). Schweiz. Min.-Petrogr. Mitt. XXV, 1945.
- 38a. GUYOT, M.: Notes sur la distribution des espèces de Roche dans le bassin du Rhône. Extr. Bull. Soc. sci. nat. Neuchâtel 1845.
39. HÄBERLE, D.: Die gitter-, netz- und wabenförmige Verwitterung der Sandsteine. Geol. Rundschau VI, 3 (S. 264), 1915.
40. HABICHT, K.: Geologische Untersuchungen im südlichen, sanktgallisch-appenzellischen Molassegebiet. Beiträge z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. 83, 1945.
41. HÄNTZSCHEL, W.: Quergliederung bei rezenten und fossilen Wurmrohren. Senckenbergiana, Wiss. Mitt. der Senckenberg. Natf. Ges. Frankfurt a. M., 20 (S. 1), 1938.
42. HEIM, A.: Geologie der Schweiz. Bd. I. Leipzig 1919.
43. HUMMEL, K.: Die Entstehung eisenreicher Gesteine durch Halmyrolyse. Geol. Rundschau 13, S. 41, 1922.
44. KIENER, M.: Beitrag zur Orographie des westschweizerischen Mittellandes. Versuch einer Flächengliederung. Diss. Univ. Bern 1934.
45. KISSLING, E.: Die versteinerten Thier- und Pflanzenreste in der Umgebung von Bern. Bern 1890.
46. KLEIBER, K.: Geologische Untersuchungen im Gebiet der Hohen Rhone. Eclogae geol. Helv. 30 (S. 418), 1937.
47. — Beitrag zur Geologie und Sedimentpetrographie Ostgrönlands. Diss. Univ. Zürich 1944.
48. KRAUS, E.: Sedimentationsrhythmus im Molassetrog des bayrischen Allgäu. Abh. Natf. Ges. Danzig I, 1923.
49. — Über Sandsteinwülste. Zeitschr. Deutsch. geol. Ges. 87, Heft 6, 1935.
50. KUENLIN, F.: Gemälde der Schweiz. Der Kanton Freiburg historisch, geographisch und statistisch geschildert. Bern 1834.
51. KURBERG, H.: Neuere Untersuchungen über die tertiäre Nagelfluh im Gebiet zwischen Aare und Genfersee. Diss. Univ. Freiburg 1919.
52. LERICHE, M.: Les Poissons de la Molasse suisse. Mém. de la Soc. pal. Suisse, vol. XXVI/XXVII, 1927.
53. LIECHTI, P.: Geologische Untersuchungen der Dreispitz-Standfluh-Gruppe und der Flyschregion südlich des Thunersees. Mitt. Natf. Ges. Bern 1931.
54. LIECHTI, W.: Geologische Untersuchungen der Molassenagelfluhregion zwischen Emme und Ilfis. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. 61, 1928.
55. MAILLARD, G.: Monographie des mollusques tertiaires terrestres et fluviatiles de la Suisse. Mém. de la Soc. pal. Suisse, vol. XVIII, 1892.
56. MICHEL, G.: Les coudes de capture du pays fribourgeois. Diss. Univ. Freiburg 1909.
57. MILNER, H. B.: An Introduction to sedimentary Petrography. London 1929.
58. MOLLET, H.: Ein alter Senselauf. Eclogae geol. Helv. 20 (S. 229), 1927.
59. VON MOOS, A.: Sedimentpetrographische Untersuchungen an Molassesandsteinen. Diss. Univ. Zürich 1935.
60. MUHEIM, F.: Subalpine Molassezone im östlichen Vorarlberg. Eclogae geol. Helv. 27, 1 (S. 181), 1934.

61. NIGGLI, P., GRUBENMANN, N. u. a.: Die natürlichen Bausteine und Dachschiefer der Schweiz. Beitr. z. Geol. der Schweiz, Geotechn. Serie, Lief. V, 1915.
62. NUSSBAUM, F.: Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes. Diss. Univ. Bern 1906.
63. — Über das Diluvium zwischen Bern und Schwarzenburg. Mitt. Natf. Ges. Bern 1908 (S. XI). Bern 1909.
64. — Die Landschaften des bernischen Mittellandes. Mitt. Natf. Ges. Bern 1912 (S. 229). Bern 1913.
65. — Morphologische und anthropogeographische Erscheinungen der Landschaft Schwarzenburg und Guggisberg. Mitt. Natf. Ges. 1915 (S. XL). Bern 1916.
66. — Erläuterungen zu einer neuen geologisch bearbeiteten Exkursionskarte der Umgebung von Bern. Mitt. Natf. Ges. Bern 1922 (S. 111). Bern 1923.
67. — Zur Morphologie der Landschaft Schwarzenburg. Mitt. Natf. Ges. Bern 1925 (S. VIII). Bern 1926.
68. RENZ, H.: Die subalpine Molasse zwischen Aare und Rhein. Eclogae geol. Helv. 30, 1 (S. 87), 1937.
69. — Zur Geologie der östlichen sanktgallisch-appenzellischen Molasse. Diss. E. T. H. Zürich 1937.
70. RUTSCH, R.: Geologie des Belpbergs. Mitt. Natf. Ges. Bern 1927 (S. 1). Bern 1928.
71. — Die Gastropoden des subalpinen Helvétien der Schweiz und des Vorarlbergs. Abh. Schw. Pal. Ges. 49, 1929.
72. — Beiträge zur Geologie der Umgebung von Bern. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. 66, 1933.
73. — Molasse und Quartär im Gebiet des Siegfriedblattes Rüeggisberg. Beitr. z. Geol. Karte d. Schweiz, N. F. Lief. 87, 1946.
74. SCHARDT, H.: Geologisches Gutachten über die Stauungsverhältnisse der Sense. In: Die verfügbaren Wasserkräfte der Schweiz. Mitt. Amt f. Wasserwirtschaft, Nr. 25, Werk Flamatt, 1932.
75. SENN, A.: Die stratigraphische Verbreitung der tertiären Orbitoiden. Eclogae geol. Helv. 18 (S. 97), 1935.
76. STAUB, W.: Die Molasse im Berner Seeland und ihre Durchtalung. Mitt. Natf. Ges. Bern 1938 (S. 18). Bern 1939.
77. STINY, J.: Gesteinsklüftung und alpine Aufnahmegeologie. Jahrbuch d. geol. Bundesanstalt, LXXV. Wien 1925.
78. STUDER, B.: Beiträge zu einer Monographie der Molasse. Bern 1825.
79. — Geologie der Schweiz. Bd. II. Bern und Zürich 1853.
80. TAKAHASHY, J.: Synopsis of Glaukonitization. In: «Recent marine Sediments». A Symposium edit. by Parker D. Trask. London 1939.
81. TANNER, H.: Beitrag zur Geologie der Molasse zwischen Ricken und Hörnli. Mitt. Thurg. Natf. Ges. 33, 1944.
82. TERCIER, J.: Géologie de la Berra. Mat. Cart. Géol. de la Suisse, N. S. 60, 1928.
83. — & MORNOD, L.: La molasse de la vallée du Gotteron près Fribourg: Facies et gisement de fossiles. Proc. verb. Soc. fribourg. sci. nat. Séance 3. VII, 1941.
84. — La molasse de la région de Fribourg. Eclog. geol. Helv. 34, 2. 1941.
85. TSCHACHTLI, B. S.: Über Flysch und Couches rouges in den Decken der östlichen Préalpes romandes. Diss. Univ. Bern 1941.
86. WENZ, W.: Gastropoda extramarina. Fossilium Catalogus Bd. II, 1923—1930, S. 653.
87. WEY, F.: Die Trinkwasserversorgung der Stadt Bern. Ein geschichtlicher Rückblick 1191—1906. Bern 1907.
88. ZINGG, TH.: Beitrag zur Schotteranalyse. Schweiz. Min.-Petrogr. Mitt., XV, 1935.

## Karten

89. STUDER, B.: Geologische Karte der westlichen Schweizer Alpen. 1 : 200 000. 1834.
90. — & A. ESCHER VON DER LINTH: Carte géol. de la Suisse. 1 : 380 000. 1. Ausgabe 1867; 2. Ausgabe (90a) 1869.
91. GILLIÉRON, V., BACHMANN, I., JACCARD, A.: Geologische Karte der Schweiz, Blatt XII. 1 : 100 000, 1879.
92. FAVRE, A.: Carte des phénomènes erratiques et des anciens glaciers du versant du Nord des Alpes suisses et de la chaîne du Montblanc. 1 : 250 000. 1884.
93. KISSLING, E., und BALTZER, A.: Geologische Karte des Kantons Bern. 1 : 200 000. 1889.
94. FREY, R.: Karte der diluvialen Gletscher der Schweizer Alpen. 1 : 100 000. 1912.
95. HEIM, A., SCHMIDT, C.: Geologische Karte der Schweiz. 1 : 500 000. 1912.
96. NUSSBAUM, F.: Exkursionskarte der Umgebung von Bern. 1 : 75 000. 1. Aufl. 1922, 2. Aufl. 1936.

Topographischer Atlas der Schweiz (Siegfriedatlas), 1 : 25 000:

Blatt 334 (Schwarzenburg),	Ausgabe 1939
Blatt 348 (Guggisberg),	Ausgabe 1929
Blatt 332 (Neuenegg),	Ausgabe 1939
Blatt 333 (Oberbalm),	Ausgabe 1939
Blatt 335 (Rüeggisberg),	Ausgabe 1936
Blatt 349 (Rüschegg),	Ausgabe 1936

Exkursionskarte von Schwarzenburg, 1 : 25 000. Herausgegeben vom Orts- und Verkehrsverein Schwarzenburg. — Diese vorzügliche Karte umfasst neben dem grössten Teil der oben aufgeführten Siegfriedblätter das südlich anschliessende Gebiet bis zur Stockhornkette.

---

## Allgemeine Orientierung

Das in der vorliegenden Arbeit behandelte Gebiet liegt ca. 25 km südlich von Bern am Nordfuss der Guggisberger Nagelfluhregion. Es umfasst den westlichen Teil des Amtsbezirks Schwarzenburg und den nordöstlichen Teil des freiburgischen Sensebezirks.

Eines der auffälligsten geographischen Merkmale ist der Sense-Cañon mit seinen bis zu 200 m hohen Felswänden, der sich am westlichen Rande des Guggisberger Nagelfluh-Schuttfächers vom Becken von Plaffeien her in nordöstlicher Richtung durch das Gebiet zieht und die Kantonsgrenze zwischen Freiburg und Bern bildet. Weniger tief eingeschnitten ist das Tal der Taferna westlich St. Antoni, das in N-S-Richtung verläuft und eine südliche Fortsetzung im Seeligraben bis Alterswil findet. In dem zwischen den beiden Tälern gelegenen flachhügeligen Gebiet ist die Molasse zum grossen Teil von quartären Ablagerungen bedeckt. Einen besseren Einblick in den geologischen Aufbau gestattet das Gebiet östlich der Sense mit seinem stärker differenzierten Relief. Auf einer der charakteristischen Schotterflächen dieses östlichen Gebietsabschnittes liegt Schwarzenburg, das sich als Ausgangspunkt für Exkursionen am besten eignet.

Das gesamte Untersuchungsgebiet gehört zur schwach gefalteten mittelländischen Molasse. Die Grenze gegen die subalpine Molasse liegt bereits ausserhalb des Blattgebietes südlich von Guggisberg.

Am geologischen Aufbau beteiligen sich:

Quartär	{	Jung-Quartär . . . . .	Alluvium	{	Würm Riss-Würm-Interglazial Riss
		Mittel-Quartär . . . . .			
Molasse	{	Miocaen {	(Obere Süsswassermolasse) . . .	?Tortonien	} Vindobonien
			(Obere Meeresmolasse) . . . . .	{ Helvétien Burdigalien	
		Oligocaen (Untere Süsswassermolasse) . . .	Aquitanien		

Ziel der Arbeit war die geologische Kartierung des Blattes Schwarzenburg, die Untersuchung der Stratigraphie, Paläontologie und Tektonik der Molasse, sowie das Studium der Chronologie des Quartärs in diesem Gebiete. Auch die Frage der Flussverlegungen der Sense wurde in diesem Zusammenhang eingehend behandelt. An den Psammiten und Psephiten der Molasse wurden sedimentpetrographische Untersuchungen durchgeführt, die zur Lösung stratigraphischer und sedimentgenetischer Fragen beitragen sollen. Im Einvernehmen mit Herrn Prof. TERCIER, der das südlich anschliessende Blatt Guggisberg kartiert hat, wurden zur Vervollständigung der Molasseprofile die Untersuchungen in das Gebiet des Guggershorns und Schwendelbergs ausgedehnt.

## Die bisherigen Untersuchungen

Die ersten Angaben über die Geologie unseres Gebietes findet man in BERNHARD STUDERS «Monographie der Molasse» aus dem Jahre 1825 (Lit. 78). BERNHARD STUDER beobachtet auf dem Weg von der Guggersbachbrücke nach dem Guggershorn Wechsellagerung von Nagelfluh mit Sandsteinbänken. Diese Schichten fallen schwach nach SE. Er unterscheidet in der Nagelfluh Gerölle alpiner oder jurassischer Herkunft, ferner Sandsteingerölle unbekannter Provenienz. Fossilfunde unterhalb Guggisberg erlauben eine Parallelisierung mit den Schichten des Belpbergs. STUDER beschreibt ausserdem Blöcke aus der Gegend von Heitenried und Überstorf, die er weder vom Reusstal noch von der Grimsel, wohl aber vom Rhonetal herzuleiten vermag. Ihr glazialer Ursprung ist ihm noch nicht bekannt, und er nimmt an, dass sie durch einen grossen Rhonedurchbruch hierher verfrachtet wurden. Einige dieser Blöcke seien sogar über die Sense bis in die Gegend von Schwarzenburg gedrungen.

1834 erscheint STUDERS «Geologische Karte der westlichen Schweizer Alpen» (Lit. 89). In unserem Gebiet, das bei dieser Gelegenheit zum erstenmal in einer geologischen Karte dargestellt wurde, ist nur marine Molasse ausgeschieden.

F. KUENLIN erwähnt 1834 in seiner Beschreibung des Kantons Freiburg (Lit. 50) nochmals die Blöcke von Heitenried, offenbar auf Grund der Beobachtungen STUDERS.

In die Anfänge der Eiszeitforschungen fallen die Beobachtungen von J. DE CHARPENTIER, 1841 (Lit. 13), und M. GUYOT, 1845 (Lit. 38a). Dem «Essai» des ersteren ist ein Kärtchen beigegeben, in welchem erstmals die Begrenzung des eiszeitlichen Rhonegletschers zu ziehen versucht wird. Die östliche Grenze verläuft in unserem Gebiet von Plasselb über die Sense gegen Schwarzenburg und von hier aus nördlich über das Schwarzwasser gegen Bern. GUYOT erwähnt in seinen «Notes» Walliser Granite aus der Gegend zwischen Schwarzenburg und Bern.

In der 1853 erschienenen «Geologie der Schweiz» (Lit. 79) unterscheidet STUDER im Abschnitt über das Mittelland den Rallig-Sandstein als untere Stufe der Molasse, die «Untere Süsswasserbildung», die Meeresmolasse und die «Obere Süsswasserbildung». Er unterscheidet ferner die subjurassische und die subalpine Zone, in welcher letztere er unser Gebiet stellt. Nach STUDER tritt in unserem Gebiet die Untere Süsswassermolasse nirgends zutage, und das ganze Gebiet wird in die Meeresmolasse gestellt. Diese Schichten liegen horizontal oder fallen kaum merklich nach S ein. Auch in den beiden Ausgaben der STÜDER-ESCHERSCHEN geologischen Karte der Schweiz (Lit. 90 und Lit. 90 a) wird die Molasse des Blattes Schwarzenburg der Meeresmolasse zugewiesen. Die beiden Karten weisen jedoch in tektonischer Hinsicht einen Unterschied auf. War in der ersten Ausgabe eine Antiklinale von der Falkenfluh über die Giebelegg quer durch das Massiv von Guggisberg nach Riedstätt eingezeichnet worden, so zog sie I. BACHMANN in der zweiten Ausgabe von der Giebelegg nur noch bis Guggisberg.

Von I. BACHMANN und V. GILLIÉRON stammt die erste genauere geologische Kartierung unseres Gebietes im Maßstab 1 : 100 000 im Blatt XII der Dufourkarte aus dem Jahre 1879 (Lit. 91). In dieser Karte sind im Blattgebiet erstmals Tertiär und Quartär getrennt. Die Molasse wird, offenbar im Sinne STUDERS, auch hier zur Meeresmolasse gestellt. Das ganze Gebiet ist dem eiszeitlichen Rhonegletscher zugeteilt.

In der «Carte des phénomènes erratiques, etc.» von A. FAVRE (Lit. 92) sind die glazialen Ablagerungen ohne irgendwelche weitere Gliederung als Grundmoräne angegeben. Die östliche Grenze des eiszeitlichen Rhonegletschers ist in dieser Karte weit ausserhalb unseres Gebietes von der Giebelegg über den Längenberg gezogen.

Die erste ausführlichere geologische Beschreibung verdanken wir VICTOR GILLIÉRON. In seiner «Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne» (Lit. 36), die 1885 erschienen ist, erwähnt er erstmals das Vorkommen der Unteren Süsswassermolasse im Blattgebiet. Die bunten Mergel an der Sodbachmühle zwischen Heitenried und Schwarzenburg hatte er zuerst als eine lokale Variation

der Meeresmolasse aufgefasst. Durch die Beobachtung einer schwachen Aufwölbung bei Heitenried kam er dann zur Überzeugung, dass es sich um die Untere Süsswassermolasse handeln müsse. Diese Antiklinale westlich von Schwarzenburg sei gegen S von mehreren Brüchen begleitet. Zudem erwähnt er geschichtetes Quartär im Becken des oberen Galternbaches. Das Tafernatal weist wenig Schotter auf, dagegen stehen sie am Rande der Senseschlucht wieder an. Auf Grund morphologischer Beobachtungen stellt er einen alten Senselauf fest, der von der Gegend von Leist ins obere Galternbachtal führt. Die Sense ist hier durch den vorstossenden Rhonegletscher in den heutigen Tallauf gezwungen worden. Ihr alter Lauf wurde durch die Moränenbarriere von Leist abgeriegelt.

In der im Jahr 1887 erschienenen Preisschrift über die Nagelfluh der Schweiz (Lit. 18) beschreibt J. FRÜH auch die Nagelfluh von Guggisberg, wobei er sich ganz auf die Angaben von STUDER, GILLIÉRON u. a. stützt.

Die geologische Karte des Kantons Bern von E. KISSLING und A. BALTZER (Lit. 93) weist in unserem Untersuchungsgebiet ohne nähere Gliederung nur Molasse und Diluvium auf.

Den Versuch einer genaueren Gliederung der Molasse unseres Gebietes stellen die «Tableaux des terrains fribourgeois» von R. DE GIRARD (Lit. 37) dar. Er stellt die gesamte Molasse ins Miocän und unterscheidet von oben nach unten:

1. Molasse de la Singine (Molasse jaune) = Oberes Helvétien, Steinbrüche bei Alterswil, St. Antoni und Heitenried.
2. Molasse de Fribourg (Molasse bleue) = Unteres Helvétien, mit der Nagelfluh von Guggisberg als litorale Fazies.
3. Langhien (Molasse grise, Molasse d'eau douce inférieure) mit Vorkommen an der Taferna, im Gotteron und an der Sodbachmühle.

Eine Antiklinale soll von der Giebelegg nach der Gauglera verlaufen, die von zwei sekundären Aufwölbungen flankiert werde. Die nördliche Aufwölbung zeige wiederholt Brüche bei Leist und Schwenny und ermögliche das Auftauchen der Unteren Süsswassermolasse. Er erwähnt Rhone-Erratikum im Galternbachtal und spricht von einer Fortdauer der eiszeitlichen Phänomene seit dem Nummulitikum.

In der Dissertation «Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes» von F. NUSSBAUM (Lit. 62) wird das Quartär unseres Gebietes kurz erwähnt. NUSSBAUM beschreibt die Ufermoränen westlich von Schwarzenburg, die im Würm-Maximum abgelagert wurden, sowie Moränenmaterial auf der Zelg südöstlich Schwarzenburg.

O. FREY (Lit. 16) nimmt wie GILLIÉRON einen alten Senselauf in der Gegend von Leist an und vermutet dessen Fortsetzung gegen W in der Depression von Maggenberg.

In seinen Mitteilungen über das Diluvium zwischen Bern und Schwarzenburg unterscheidet NUSSBAUM (Lit. 63) intra- und extrazonale Glazialschotter, je nachdem die Schotter innerhalb oder ausserhalb der bereits erwähnten Moränenwälle liegen. Er betrachtet die Schotter von Schwarzenburg als extrazonal; sie sind in einem vom Rhone- und Aaregletscher gebildeten Stausee abgelagert worden.

In einer ausführlichen Beschreibung der Trinkwasserversorgung der Stadt Bern berichtet F. WEY (Lit. 87) über die hydrologischen Verhältnisse der Umgebung von Schwarzenburg. Einige grössere Quellen sind für den städtischen Bedarf gefasst. Die geologischen Unterlagen dieser Publikation sind von früheren Autoren übernommen worden.

1909 versucht G. MICHEL (Lit. 56) in unserem westlichen Gebiet ein nach NE gerichtetes altes Talsystem nachzuweisen. Nach ihm entsprang eine postglaziale Taferna am Cousimbirt, floss über Tentlingen durch das Tasbergbachtal in den vermoorten Rohrsee und gelangte durch das heutige Langebitzenbachtal in das Tafernatal.

1912 publiziert B. AEBERHARDT (Lit. 2) seine Arbeit: «L'ancien glacier de l'Aar et ses relations avec celui du Rhône.» Er stellt die Moränen von Amselboden und Voreberg westlich von Schwarzenburg in die Phase der maximalen Ausdehnung des Rhonegletschers in der Würm-Eiszeit und die Moränen von Scheuer gegen Obereichi in die erste würmeiszeitliche Rückzugsphase. Als gleichzeitige Ablagerungen des Würm-Maximums betrachtet er die Schotter zwischen Zumholz und Leist westlich der Sense. Risswürm-interglaziale Schotter stellt er im Sodbachtobel fest. Sie sind westlich von Henzenried in einer Mächtigkeit von 10 m aufgeschlossen und werden von Würm-Grundmoräne überlagert. Gleichaltrige Ablagerungen finden sich im Galternbachtal oberhalb Alterswil. Die Schotter von Schwarzenburg sind nach AEBERHARDT von einem Bach abgelagert worden, der vom Guggershorn kam und seine Gerölle

an der Flanke des Rhonegletschers zur Ablagerung brachte. Als Hochterrassenschotter betrachtet er die Schotter der Zelg, der Waldgasse und von Schwenny. Auf Grund morphologischer Beobachtungen und der Niederterrassenschotter von Henzenried glaubt AEBERHARDT im Gebiet des heutigen Sodbaches einen weiteren interglazialen Senselauf annehmen zu dürfen.

In den «Landschaften des bernischen Mittellandes» (Lit. 64) zitiert NUSSBAUM diese Ansicht AEBERHARDTS und vermutet einen ehemaligen Schwarzwasserlauf von Elisried über Wählern, Steinhaus gegen Albligen.

Die HEIM-SCHMIDTSche geologische Karte der Schweiz aus dem Jahre 1912 (Lit. 95) zeigt Moränenwälle westlich Schwarzenburg, während die Gletscherkarte von R. FREI (Lit. 94) erstmals den Versuch einer Grenzziehung zwischen der risseiszeitlichen und wärmeiszeitlichen Ausdehnung des Rhonegletschers darstellt. Die Grenze der maximalen Ausdehnung in der Würm-Eiszeit verläuft im Untersuchungsgebiet über Schwenny, Sense, Langenwil, Allmendhubel gegen Schwarzenburg zum Schwarzwasser.

Auch E. BÄRTSCHI (Lit. 3) beschäftigt sich mit den Quartärbildungen und morphologischen Problemen in unserem Untersuchungsgebiet. Er beschreibt die Schotterterrassen an der Sense. Die Terrasse von Äckenmatt entspricht den Schottern von Harris. Die Fortsetzung des alten, von GILLIÉRON vermuteten Senselaufes findet er westlich von Maggenberg gegen Düdingen und bestätigt damit die Auffassung O. FREYS. Mit NUSSBAUM nimmt er einen alten Schwarzwasserlauf von Elisried über Steinhaus nach Albligen an.

1915 publiziert ED. GERBER (Lit. 22) ein geologisches Profil der Molasse im Sensequerschnitt. Er unterscheidet von oben nach unten:

450—500 m	vorherrschend Kalknagelfluh	} Burdigalien.
100—150 m	blaue Mergel mit charakteristischen Fossilien, wie Cardien, Turritellen etc.	
250—300 m	gutgeschichtete Sandsteine . . . . .	
250—400 m	homogener dickbankiger Sandstein . . . . .	

Das Burdigalien ist nicht mehr in der fossilreichen Fazies des Muschelsandsteins, sondern als dickbankiger Bausandstein ausgebildet. Die Untere Süswassermolasse wäre im Gebiet von Guggisberg auf Meereshöhe zu suchen. Ob die Obere Süswassermolasse hier noch ansteht, ist nicht nachgewiesen. Etwas ausführlicher ist seine Beschreibung aus dem Jahre 1922 (Lit. 26). Nach ihm lassen sich von N nach S folgende stratigraphisch-tektonische Elemente unterscheiden:

Auf der Linie Thörishaus—Bern, Einfallen der Unteren Süswassermolasse unter die Meeresmolasse mit 5—8° nach SE.

Unteres Burdigalien: 400 m mächtiger, homogener, dickbankiger Sandstein mit Geröllagen und Deltastruktur (25—30° N-Fallen). Nachweisbar bis zum Dorfwald an der Sense.

Oberes Burdigalien: 250—300 m gut gebankte, oft harte Sandsteine. Nachweisbar bis ca. 750 m unterhalb der Guggersbachbrücke.

Unteres Vindobonien: 100—150 m vorherrschend blaue Molassemergel mit zahlreichen Fundstellen der gleichen Molluskenfauna wie am Belpberg.

Oberes Vindobonien: 450—500 m vorherrschend Kalknagelfluh mit Guggershorn und Schwendelberg als Zentrum.

In seinem Beitrag zur Geologie des Gurnigels (Lit. 29) wiederholt GERBER dieses geologische Profil und fügt eine kurze Beschreibung der Guggisberger Nagelfluh bei.

Die Exkursionskarte F. NUSSBAUMS (Lit. 96) im Maßstab 1 : 75 000, die in zwei Ausgaben erschien, berücksichtigt vorwiegend die quartären Bildungen in der Umgebung von Bern. Die beiden Ausgaben weisen einige Unterschiede in der Deutung des Quartärs in unserem Untersuchungsgebiet auf. In der ersten Ausgabe scheidet NUSSBAUM im Langenwiltälchen bei Schwarzenburg Grundmoräne aus. Ein Moränenwall zieht sich durch den Weiler gegen NE, ein anderer bildet, vom Dorfwald herkommend, den Rücken des Hügelzuges der Waldgasse. Weiter nördlich wird das Langenwilsträsschen von zwei Wällen flankiert. In der neuen Ausgabe fehlen diese Wälle und die Grundmoräne im Langenwiltälchen. Das Gebiet von Langenwil, Allmendhubel und Schwarzenburg bildet eine zusammenhängende Schotterfläche, und ein Moränenwall durchzieht diagonal das Langenwiltälchen.

In einer weiteren Arbeit ändert NUSSBAUM (Lit. 67) seine Ansicht über den ehemaligen Schwarzwasserlauf. Nach seiner neuen Auffassung führt er nicht gegen Albligen—Überstorf, sondern von Elisried über Wagerten gegen Äckenmatt. Der alte Taltorso von Albligen—Überstorf diente einem präglazialen «Dorfbach», der dann mit dem Vorstoss des Rhonegletschers in die heutige Richtung abgelenkt wurde.

Im Zusammenhang mit Korrelationsversuchen der Ulmiz-Nagelfluh glaubt GERBER (Lit. 30), die an der Sense unterhalb Helfenstein beobachtete Konglomeratbank der Ulmiz-Nagelfluh und somit dem obersten Burdigalien gleichstellen zu können.

Nach Untersuchung der Oberen Meeresmolasse zwischen Isny im Allgäu und der Sense parallelisiert R. RUTSCH (Lit. 70) die Schichten zwischen Zumholz und Milken mit den Belpbergschichten und erwähnt erstmals fossilführende Mergel mit *Meretrix intercalaris* etc. aus der Umgebung von Milken.

Die beiden Arbeiten von PAUL GERBER (Lit. 34 und Lit. 35) über die Freiburger Stufenlandschaft behandeln morphologische Probleme, wobei die geologischen Grundlagen von anderen Autoren übernommen wurden.

Für das projektierte Kraftwerk Flamatt wurde ein geologisches Gutachten über die Stauungsmöglichkeit der Sense zwischen Schönfels und Weihermatt von H. SCHARDT (Lit. 74) publiziert. Das Profil zeigt im grossen und ganzen Übereinstimmung mit dem von ED. GERBER (Lit. 23) beschriebenen Ruchmühle-Profil.

Anlässlich einer Untersuchung einer Grundwasserquelle bei Hofmatt östlich von Alterswil wies H. MOLLET (Lit. 58) den von GILLIÉRON, BÄRTSCHI u. a. vermuteten Senselauf nach. Durch das Auftreten von blauen Letten ist seine Fortsetzung im Einschnitt von Maggenberg vorgezeichnet.

Gleiche blaue Letten traten nach MOLLET in den Sondierbohrungen in den Dorfmaten bei Schwarzenburg zutage. Diese 27 m mächtigen Letten liegen auf der Molasse und werden von 19 m Sand und Kies überlagert. MOLLET betrachtet daher dieses Gebiet als einen alten zugeschütteten Talkessel.

O. BÜCHI (Lit. 7) beschäftigt sich ausführlich mit den alten Senseläufen. Seine Arbeit wird im Abschnitt über das Quartär näher zu besprechen sein.

In einer weiteren Arbeit berichtet BÜCHI (Lit. 8) über die geologischen Resultate einer Grundwasserbohrung bei Hofmatt aus dem Jahre 1935. Bei dieser Gelegenheit widerlegt er die Ansicht AEBERHARDTS über einen alten Senselauf im Gebiet des heutigen Sodbaches. Die Schotter von Henzenried, die für die Auffassung AEBERHARDTS grundlegend waren, lassen sich nicht mit den Schottern aus dem Becken von Plaffeien verbinden. Es handelt sich vielmehr um eine Auffüllung einer alten Schmelzwasserrinne am Rande des Rhonegletschers, die tiefer liege als das heutige Sensebett. Es sei denn, dass ein Senselauf vorliege, dessen Felsbasis höher sei als diejenige von Plaffeien.

In den «Beiträgen zur Geologie der Umgebung von Bern» von RUTSCH (Lit. 72) ist die von GILLIÉRON und ED. GERBER erwähnte Antiklinale Grasburg-Buttnigenbad zitiert, die vielleicht mit der Kurzenberg-Antiklinale in Zusammenhang gebracht werden könne.

Die orographische Arbeit von M. KIENER (Lit. 44) stellt den Versuch einer Flächengliederung des westschweizerischen Mittellandes dar, wobei auch im Untersuchungsgebiet präglaziale und verschiedene diluviale Flächen ausgeschieden werden.

Auf die in jüngster Zeit erschienenen Arbeiten von J. TERCIER & L. MORNOD (Lit. 83) und TERCIER (Lit. 84), welche auch unser Gebiet näher berücksichtigen, wird später Bezug genommen.

# I. Molasse

## A. Stratigraphie

Mit der Stratigraphie der Molasse des untersuchten Gebietes beschäftigten sich vor allem V. GILLIÉRON (Lit. 36), ED. GERBER (Lit. 26) und R. RUTSCH (Lit. 72). Die gleichförmige Beschaffenheit der Sedimente, die Fossilarmut und die weitflächige Bedeckung mit quartären Ablagerungen erschweren das Erkennen und Verfolgen der stratigraphischen Grenzen in hohem Masse; wegen der sehr schwachen Faltung der Schichten ist auch der geologische Aufbau nicht leicht festzustellen. Von den auftretenden Molassestufen nimmt das Burdigalien weitaus den grössten Teil des Gebietes ein, während das Aquitanien auf die Schluchten und das Helvétien und Tortonien (?) auf den südöstlichen Gebietsabschnitt beschränkt sind.

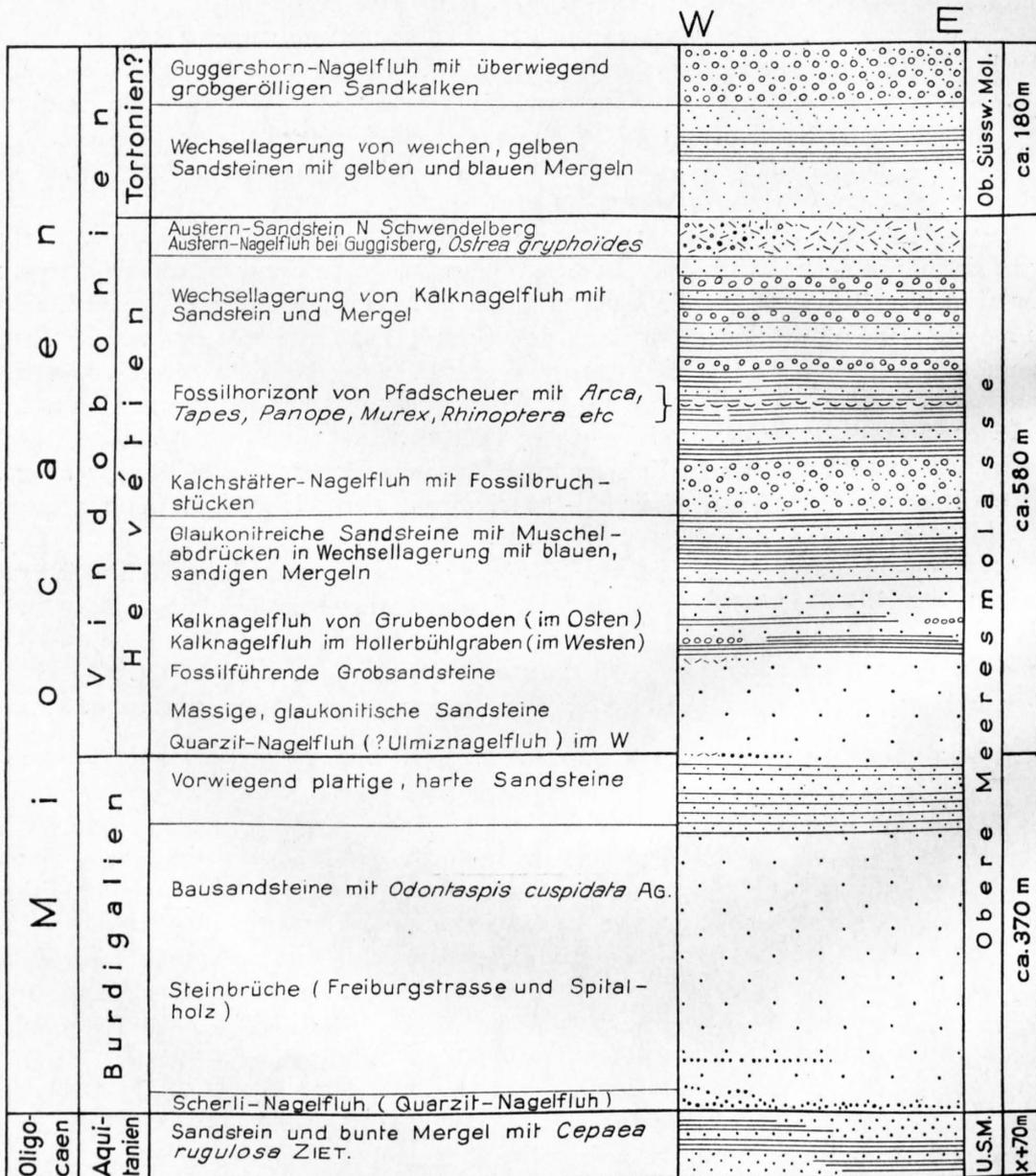


Fig. 1. Schichtfolge der Molasse in der Umgebung von Schwarzenburg.

## 1. Aquitanien

Das Vorkommen der Unteren Süsswassermolasse war bereits GILLIÉRON (Lit. 36) bekannt. Schwache antiklinale Aufwölbung in Verbindung mit Erosion der burdigalen Bedeckung durch die Flüsse ermöglichen ihr Zutagetreten. Das Aquitanien tritt daher ausschliesslich in der Senseschlucht, im Tafernatal und im Seeliggraben auf. Ein direkter Zusammenhang mit den Aquitanien-Vorkommen ausserhalb des Blattgebietes ist mit Ausnahme der Gegend von Alterswil-Tafers nirgends aufgeschlossen.

### Das Aquitanien im Sense-Cañon

Das Auftreten eines vorzüglichen Leithorizontes, des burdigalen Basiskonglomerates (Scherli-Nagelfluh), erleichtert die Abgrenzung des Aquitanien in diesem Gebiet. Unter der Scherli-Nagelfluh treten bunte Mergel auf, die mit mächtigen Sandsteinbänken wechsellagern oder seitlich in diese übergehen können. Die Abgrenzung gegen das Burdigalien zeigt, von N nach S, folgenden Verlauf (vgl. Taf. I):

Auf der Linie Harris-Helfenberg taucht das burdigale Basiskonglomerat an den beiden Ufern der Sense gegen S sanft ansteigend aus dem Flussbett auf. Es wird unterlagert von ca. 8 m mächtigem, feingeschichtetem Sandstein. Weiter südlich stehen in der Runse des Moosbaches am rechten Senseufer bunte Mergel an. Von hier an sind die Aufschlüsse bis Thorenöle durch Rutschungen unterbrochen. Am linken Senseufer sind die bunten Mergel durch die Sense etwa 300 m unterhalb des Grasburgsteges angeschnitten und lassen sich, gut sichtbar, bis in die Gegend der Sodbachmühle verfolgen. An der Strasse von der Sodbachmühle nach Schwarzenburg reicht das Aquitanien bis zur Kote 700 und weist auf der Linie Wanne-Blattera seine grösste sichtbare Mächtigkeit von ca. 70 m auf. Die Schichten fallen von dieser Gegend an nach SE ein. Die letzten bunten Mergellagen verschwinden östlich von Schwenny im Sensebett. Der Geröllhorizont, der sehr wahrscheinlich der Scherli-Nagelfluh entspricht, reduziert sich auf eine dünne Geröllage und taucht 200 m südlich des Schwennypfades unter. Wir dürfen die Grenze Aquitanien-Burdigalien somit in dieser Gegend voraussetzen.

In der Sodbachschlucht ist das Aquitanien schlecht aufgeschlossen, die typischen Mergel sind offensichtlich durch Vegetation verdeckt. Das überlagernde Konglomerat steht an der Strasse nach Heitenried unterhalb Mandlisgut und im Blatteraholz an.

### Das Aquitanien im Tafernatal und im Seeliggraben

Nicht so günstig für die Abgrenzung gegen das Burdigalien liegen die Verhältnisse in diesem Gebiet. Bunte Mergel in Wechsellagerung mit Sandsteinen finden sich in den Gräben nördlich und südlich vom Hübeli südwestlich St. Antoni, am Westhang des Tafernatales und in den Schluchten, die vom Grossholz und vom Schlatt in den Seeliggraben führen. Das hangende Basiskonglomerat ist jedoch nur stellenweise ausgebildet. Zweifel über die stratigraphische Stellung dieser Geröllhorizonte sind daher oft möglich. Die stratigraphisch höchsten Mergellagen stehen im Grossholzgraben auf Kote 740 an. Etwa 20 m höher tritt unter einem Wasserfall eine stark sandige Konglomeratbank auf, die sich an der rechten Tobelwand eine Strecke weit verfolgen lässt. Das Liegende dieser Nagelfluh ist ein von den burdigalen Psammiten nicht zu unterscheidender, feingeschichteter Sandstein mit unbestimmbaren Pflanzenresten <sup>1)</sup>.

Diese Nagelfluh steht in ähnlicher Ausbildung im Tannenriedholz unterhalb Burgbühl auf Kote 715 und weiter nördlich am Weg von Menzishaus zur Taferna unter einem aufgelassenen Steinbruch auf Kote 640 an. Dass es sich um das Basiskonglomerat handelt, ist sehr wahrscheinlich, da die liegenden Mergel auf der anderen Talseite in den Gräben von Tützenberg und Rohrholz aufgeschlossen sind. Die obere Grenze des Aquitanien ist demnach durch diese Fixpunkte bestimmt. Eine genauere Abgrenzung ist zum Teil auch wegen Überdeckung durch die Vegetation unmöglich. Eine antiklinale Aufwölbung, deren Scheitel

<sup>1)</sup> Ähnlich sind die Verhältnisse im Scherliggraben. Die mehrere Meter mächtige Scherli-Nagelfluh wird von mächtigen Sandsteinbänken unterlagert, die gegen unten in blau- und braungefleckte, mergelige Sandsteine übergehen, die von RUTSCH ins Aquitanien gestellt werden.

im Gebiet von Tafers–Alterswil liegt, ermöglicht, wie an der Sense, auch hier das Zutagetreten der Unteren Süsswassermolasse. Im Norden dieses Gebietsabschnittes taucht das Aquitanien südlich Lochgraben unter das Burdigalien, denn im Lochgraben sind keine Mergel mehr aufgeschlossen, wohl aber stehen z. T. plattige, glaukonitführende Sandsteine an, und weiter nördlich an der Strasse nach Niedermuhren sind geröllhaltige Sandsteine zu beobachten, die auf Burdigalien hinweisen.

### Die Gesteine

Das Aquitanien besteht aus einem Mergel-Sandsteinkomplex, in dem alle Übergänge von den Mergeln zu den Sandsteinen vertreten sind.

Der Sandstein ist meist massig, ungeschichtet und von wenig variierender Korngrösse. Er unterscheidet sich vom burdigalen Sandstein am besten durch seine schlechte Verfestigung, die z. T. auch morphologisch zum Ausdruck kommt. In der Senseschlucht bestehen die überhängenden und bauchigen Partien der Schluchtwände aus dem stärker verfestigten, verwitterungsbeständigeren Sandstein des Burdigalien, während der aquitane Sandstein mit seinen Mergeln die Hohlkehlen bildet. Diese Eigenschaften des Gesteins gehen auf die mineralogische Zusammensetzung und Struktur desselben zurück:

Der Kalzit als Bindemittel ist im Gegensatz zu den Sandsteinen der marinen Molasse bedeutend lückenhafter ausgebildet. Hauptgemengteile sind Quarz und Feldspat. Die Quarzkörner sind meist eckig-splittrig, kantengerundete Quarzkörner sind selten. Auffallend sind wegen ihrer Frische die Mikrokline und Plagioklase mit Albit-Lamellierung. Serizitisierte Feldspäte, Chlorite und Biotite treten oft auf. Ferner beobachtet man verzahnte Quarzaggregate, Zirkon, Epidot und Hornblenden. Dunkle schlierige Substanzen, die offenbar organischer Herkunft sind, beeinträchtigen allgemein die Untersuchung dieser Dünnschliffe.

Die Verwitterung dieser Sandsteine ist meist tiefgründig und führt zu starken Ablösungserscheinungen (Pseudoklüftung). Die Sandsteine zerfallen und bilden die sog. Sandmutte. Am frischen Gestein ist die Farbe je nach Mineral- und Feuchtigkeitsgehalt braungrau und neutralgrau bis weisslichgrau mit einem Stich ins Grüne. Die Verwitterungsfarbe ist gelblichgrau und braungelb und von derjenigen der burdigalen Sandsteine oft nicht zu unterscheiden. Knauerbildung, die anderwärts im Aquitanien häufig ist, konnte im Gebiet nirgends beobachtet werden.

Die Mergel sind in Beziehung zum ganzen Schichtkomplex untergeordnet, fallen aber durch ihre bunte Färbung auf. Es sind fleckige Mergel von brauner, blauer, grünlicher, gelblicher und rotvioletter Farbe. Die Farbwechsel vollziehen sich meist plötzlich in vertikaler Richtung, doch kommen auch seitliche Übergänge vor, wobei die verschieden gefärbten Lagen fingerförmig ineinandergreifen oder ineinander übergehen können. An den rotvioletten Mergeln beobachtet man häufig ellipsoidische Höfe in verschiedener Grösse, die sich durch ihre hellere Färbung von der umgebenden Grundmasse abheben.

Es sei hier noch auf eine Mergellage hingewiesen, die durch ihre schwarzbraune Färbung besonders auffällt. Sie ist 20—30 cm mächtig, stark sandig und glimmerreich und weist beinahe keinen Karbonatgehalt auf. Diese Schicht, die durch ihre Färbung an bituminöse Gesteine erinnert, ist fossilführend. Sie ist u. a. an der Freiburgstrasse aufgeschlossen (vgl. Profil Fig. 2). Ähnliche fossilführende Mergel beschreibt W. STAUB (Lit. 76) aus dem Unteren Aquitanien des Zinshölzliggrabens bei Mörigen (Proben im Geolog. Institut der Universität Bern).

Abgesehen von kleinen Geröllnestern kennt man im Untersuchungsgebiet keine aquitane Nagelfluhbildungen.

Das folgende Detailprofil wurde an der Freiburgstrasse bei der Sodbachmühle (rechtes Senseufer) aufgenommen. Der Aufschluss wurde bereits von GILLIÉRON kurz beschrieben. Man hat hier besonders guten Einblick in die Ausbildung des aquitanen Mergel-Sandstein-Komplexes mit seinen Übergängen in vertikaler und horizontaler Richtung. Auch fällt hier die wellige Oberfläche des Aquitanien mit dem transgredierenden Basiskonglomerat des Burdigalien auf. Besondere Bedeutung erhält dieser Aufschluss durch die Fossilfunde im Aquitanien. Man beobachtet vom Liegenden zum Hangenden (vgl. Fig. 2):

N

S

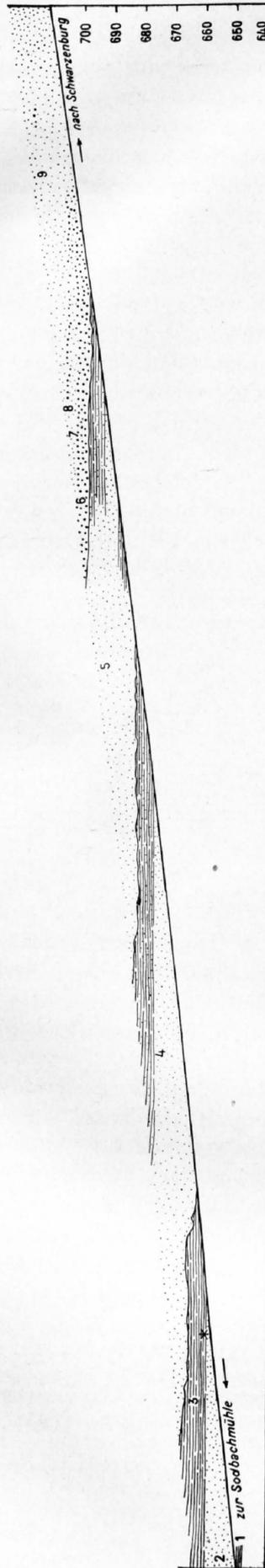


Fig. 2. Stratigraphisches Detailprofil durch die Grenzregion Aquitanien-Burdigalien an der Freiburgstrasse bei der Sodbachmühle.

Oberstes Aquitanien:

1. Mergel, grau, braungefleckt . . . . .
2. Sandstein, weich, graugrün, braungelb anwitternd, stark zerklüftet . . . . .
3. a) Mergel, stark sandig und glimmerreich, fast kalkfrei. Unten bläulich, gegen oben in braunschwarze Mergel mit *Cepaea rugulosa* (ZIEFEN) übergehend . . . . .  
b) Mergel, fleckig, schiefrig, mit deutlicher Feinschichtung, gegen S leicht sandiger werdend . . . . .  
c) Mergel, rotviolett mit hellen gelben Zwischenlagen . . . . .  
d) Mergel, grau hart, gegen oben in dunklere bis braune Partien übergehend. Wellige Oberfläche . . . . .
4. Sandstein, weich, graugrün und braungelb anwitternd, glimmerreich. Ebenfalls stark zerklüftet. Stellenweise taschenförmig in die liegende Mergelserie (Schicht 3) hinabreichend. Gegen oben

$x + 1,50$  m  
ca. 13 m  
0,20—0,45 m  
1,30 m  
1,10 m  
0,80 m

und gegen S in sandige Mergel übergehend. An der Basis Aufbereitungszone mit Pechkohleschmitzen und Mergelbrocken . . . . .  
5. Sandstein. Ausbildung wie Schicht 4. Gegen oben ebenfalls in bläulichgraue Mergel übergehend . . . . .

Unteres Burdigalien:

6. Basiskonglomerat, «Scherli-Nagelfluh». Vorwiegend Quarzite, rote und grüne Granite, selten Radiolarite und Porphyre. Gerölle nuss-faustgross. Sandsteinschmitzen. Gegen S lokal bis 10 m an-schwellend . . . . .
7. Sandstein, graubraun anwitternd. Vom aquitanen Sandstein makroskopisch nicht unterscheidbar . . . . .
8. Geröllband in gleicher Zusammensetzung wie die Scherli-Nagel-fluh. In der Mächtigkeit ebenfalls stark schwankend . . . . .
9. Sandstein, sog. Bausandstein, mit guter Spaltbarkeit. Glimmer-anreicherung auf den Schichtflächen, oft auch mit undefinier-barem, dunkelbraunem, pflanzlichem Detritus . . . . .

ca. 16 m  
ca. 14 m  
3,5 m  
3,2 m  
ca. 0,5 m  
ca. 70 m

### Stratigraphische Bedeutung der bunten Mergel

Es stellt sich die Frage, inwieweit die bunten Mergel leitend für das Aquitanien sind und welche stratigraphische Stellung ihnen innerhalb dieser Stufe zukommt. Nach RUTSCH (Lit. 70) und W. LIECHTI (Lit. 54) ist die Buntfärbung der Mergel nicht nur auf das Aquitanien beschränkt, sondern zeigt sich in den Nagelfluhzentren auch im Helvétien (z. B. Schwendlenbad). Tatsächlich lassen sich im Helvétien nördlich Fallvorsassli an der Sense buntgefärbte Mergel und fleckige mergelige Sandsteine beobachten, die an die Gesteine des Aquitanien erinnern. Auch GERBER (Lit. 29) macht auf die Rot- und Gelbfärbung des Bindemittels der Guggisberger Nagelfluh südlich von Guggisberg aufmerksam. Die Färbung ist jedoch nie so intensiv wie bei den Mergeln der Unteren Süsswassermolasse.

Vor allem aber wurden im Burdigalien über der Scherli-Nagelfluh niemals buntgefärbte Mergel beobachtet, eine Tatsache, die auch RUTSCH (Lit. 72) hervorhebt und die ihn zur Festlegung der Scherli-Nagelfluh als Grenzhorizont Aquitanien-Burdigalien veranlasste. Es ist daher wohl zulässig, bei Vorkommen von buntgefärbten Mergeln in mehr oder weniger bekannten Schichtverbänden auf das Aquitanien zu schliessen.

Im Sense-Cañon, wo die Abgrenzung des Aquitanien durch das burdigale Basiskonglomerat auf weite Strecke fixiert ist, versuchte ich zu ermitteln, ob im Auftreten der bunten Mergel unter dem Konglomerat eine bestimmte Gesetzmässigkeit vorhanden sei, um damit in den Gebieten, wo dieser Nagelfluhorizont fehlt, die Abgrenzung gegen das Burdigalien zu ermöglichen. Die Untersuchungen ergaben folgende Abstände zwischen den stratigraphisch höchsten bunten Mergellagen und der Scherli-Nagelfluh:

Heitibüffel . . . . .	ca. 10 m	Henzenried . . . . .	8 m
Helfenberg . . . . .	ca. 8 m	W Wanne . . . . .	ca. 8 m
W Grasburg . . . . .	0 m	Mösel . . . . .	12 m
S Thorenöle . . . . .	ca. 5 m	W Spitzeren . . . . .	8 m
Freiburgstrasse . . . . .	30 m		

Es zeigt sich, dass die bunten Mergel in der Regel bis ca. 8 m unter die Basis des Burdigalien reichen, dass aber Abweichungen nicht selten sind.

Zusammenfassend stellen wir fest, dass die bunten Mergel zwar zur Unterscheidung zwischen Burdigalien und Aquitanien dienlich sind, dass ihnen aber innerhalb des Aquitanien keine bestimmte stratigraphische Stellung zukommt.

### Fossilführung und Alter

Die paläontologische Altersbestimmung der aquitanen Schichtfolge in der näheren Umgebung von Bern beruht auf den Säugetierresten, die nördlich von Bern (Engehalde, Reichenbach) gefunden wurden (vgl. Lit. RUTSCH 72). Die Altersbestimmung der Unteren Süsswassermolasse zwischen Bern und Freiburg erfolgte dagegen allein auf Grund der Stellung im Schichtverband und der lithologischen Ausbildung.

Es gelang mir nun, in den dunklen, sandigen Mergeln (vgl. Profil Fig. 2, Seite 9) an der Freiburgstrasse im Sense-Cañon Schalen von Landschnecken zu finden, die das oligocaene Alter dieser Schichten bestätigen. Diese Fossilien sind ziemlich selten und meist mehr oder weniger deformiert. Vereinzelt kommen Steinkerne vor, die von der äusserst subtilen Schale umgeben sind, in der Mehrzahl liegen jedoch nur Schalenfragmente vor.

Es konnte bestimmt werden:

#### *Cepaea* cfr. *rugulosa* (ZIETEN)

1830. *Helix rugulosa* ZIETEN, Versteinerungen Württembergs I, S. 38, Taf. 29, Fig. 5 a—c. «Im schwarzen Süsswasserkalk von Niederstötzingen bei Ulm.»
1892. *Helix rugulosa* MAILLARD, Mollusques terr. et fluv. tert. I, S. 55, Taf. IV, Fig. 12—15.
1922. *Cepaea spec. (rugulosa, ZIETEN?)* BAUMBERGER in BECK, Das stampische Alter der Thuner Nagelfluh etc. Mitt. Natf. Ges. Bern 1922, S. XX. Aus dem Oberstampien des Bresserengrabens in der Blumenschuppe.
1946. *Cepaea rugulosa* ZIETEN, BAUMBERGER in RUTSCH, Molasse und Quartär im Gebiet des Siegfriedblattes Rüeggisberg, S. 11. Aus Mergelsandsteinen des Chattien bei Plötschweid an der Giebelegg.

Für die umfangreiche Literatur über *Cepaea rugulosa* verweise ich im übrigen auf WENZ, Fossilium Catalogus, Gastropoda extramarina, Bd. II, S. 653.

Für die Bestimmung standen drei relativ gut erhaltene Exemplare mit Schale zur Verfügung, die aber alle mehr oder weniger deformiert sind. Zum Vergleich lag *Cepaea rugulosa* aus dem chattischen Landschneckenkalk von Flörsheim a. M. vor. Unsere Exemplare lassen folgende Merkmale erkennen:

Ungenabelte, halbkugelige Schalen mit drei bis fünf Umgängen, von denen die obersten flach gewunden sind. Feine schräge, leicht geschweifte Streifen auf den letzten Umgängen. Die Zuweisung zu *Cepaea rugulosa* ZIETEN erscheint somit durchaus berechtigt.

*Cepaea rugulosa* tritt auf im Rupélien, Chattien und Aquitanien. Zur gleichen Art scheinen mir die Funde zu gehören, die W. STAUB im Unteraquitanien des Zinshölzigrabens bei Mörigen gesammelt hat (vgl. STAUB, Lit. 76). Sie kommt in der Molasse der Umgebung von Bern vor, ferner in den Bresserenschichten der Blumenschuppe (BECK, Lit. 4) und im Oligocaen bei Plötschweid an der Giebelegg (RUTSCH, Lit. 73).

Das Auftreten der *Cepaea rugulosa* spricht somit nur für oligocaenes Alter; die Art ist nicht auf das Aquitanien beschränkt. Auf Grund der Lagerungsverhältnisse unmittelbar unter der burdigalen Transgression dürfen wir aber für die in Frage stehenden Schichten mit Bestimmtheit ein aquitanes Alter annehmen.

### Fazies

Weder die Fossilfunde noch die Gesteine der Unteren Süßwassermolasse sprechen eindeutig für eine limnische Ablagerung. Die Cepaeen sind Landschnecken; die sie umschliessenden Schichten können daher sowohl festländischen Ursprungs oder, wenn wir annehmen, dass die Landschnecken verschwemmt sind, auch in einem See oder gar Meer entstanden sein. Die Gesteine des Aquitanien weisen mit Ausnahme der bunten Mergel, deren Entstehung ebenfalls problematisch ist, sehr geringe Unterschiede gegenüber denjenigen der marinen Molasse auf. Süßwasserkalke, die mit Sicherheit auf Süßwasserfazies hinweisen könnten, sind im Untersuchungsgebiet nie angetroffen worden. Die folgenden Beobachtungen mögen deshalb zur Lösung dieses Problems beitragen.

Das burdigale Basiskonglomerat transgrediert über die sehr unregelmässige Oberfläche des Aquitanien und erzeugt lokale Schichtungsdiskordanzen. Tief eingeschnittene Rinnen, mit dem Konglomerat gefüllt, durchziehen die liegenden Mergel- oder Sandsteinschichten<sup>1)</sup>.

Diese Erscheinungen treten aber nicht nur an der Grenze Aquitanien-Burdigalien selbst auf, sondern zeigen sich, wenn auch in kleinerem Maßstabe, in den tieferen Schichten des Aquitanien. Auch hier stösst man auf Rinnen, die mit dem meist gröberen Sediment der hangenden Schicht gefüllt sind. Sie enthalten in der Sohle oft aufgearbeitetes Material in Form von Mergelknollen, Geröllnestern und Pechkohleschmitzen. Im Hangenden der die Rinne ausfüllenden Schicht folgen dann in gewohnt ruhigem Wechsel Mergel- oder Sandsteinlagen. Textfigur 3 zeigt solche Erscheinungen im Aquitanien am Westufer der Sense unterhalb Schwenny. Die Rinnenausfüllung tritt dort infolge stärkerer Verfestigung wulstartig hervor.

Es ist anzunehmen, dass diese Rinnen als Folge von Strömungen in einem Seichtwassergebiet entstanden sind, ähnlich den Prielen der heutigen Wattengebiete<sup>2)</sup>.

Jedenfalls zeigt uns die Schichtungsart im allgemeinen und die bändertonähnliche Feinschichtung bei Mergeln (s. Profil S. 9) im besonderen, dass diese Schichten unter Wasser abgelagert wurden.

Darüber, ob sie in einem limnischen oder marinen Milieu entstanden sind, entscheiden vielleicht die folgenden Beobachtungen an Dünnschliffen von Molassesandsteinen aus unserem Gebiet:

In einer Anzahl Dünnschliffe aquitaner Sandsteine aus verschiedenen stratigraphischen Niveaux konnten (mit Ausnahme eines einzigen aus dem Liegenden der Scherli-Nagelfluh vom Heitibüffel) weder Glaukonit noch Foraminiferen nachgewiesen werden. Im Gegensatz dazu tritt in allen Schliffen von Ge-

<sup>1)</sup> Ähnliche Beobachtungen publizierten A. BERSIER (Lit. 5) und J. TERCIER (Lit. 84) aus der Molasse des Jorat und des Gotteron, sowie H. RENZ (Lit. 69) und H. TANNER (Lit. 81) aus der ostschweizerischen Molasse. E. KRAUS (Lit. 49) schreibt solche Erscheinungen in der bayrischen Molasse vorstossenden Flusshochwassern mit Geröllführung über Altwasser-schlicke zu.

<sup>2)</sup> HÄNTZSCHEL, W., Die Schichtungsformen rezenter Flachmeerablagerungen im Jade-Gebiet. Senckenbergiana, Bd. 18, S. 316 ff., 1936. — Bau und Bildung von Grossrippeln im Wattenmeer. Senckenbergiana, Bd. 20, S. 1 ff., 1938 (daselbst Bibliographie mit der früheren Lit.).

steinen der Oberen Meeresmolasse viel Glaukonit in frischen, rundlichovalen und zwiekelfüllenden Körnern auf, der ohne Zweifel authigener Entstehung ist. Der Glaukonit ist aber nach allen Autoren, die sich mit seiner Bildung beschäftigt haben, eine ausschliesslich marine Bildung<sup>1)</sup>. Gegen eine Einschwemmung spricht nach NIGGLI (cit. nach RENZ, Lit. 68) die umlagerungsempfindliche Struktur dieses Minerals.

Fast alle diese Schliffe aus der Oberen Meeresmolasse enthalten aber auch Foraminiferen.

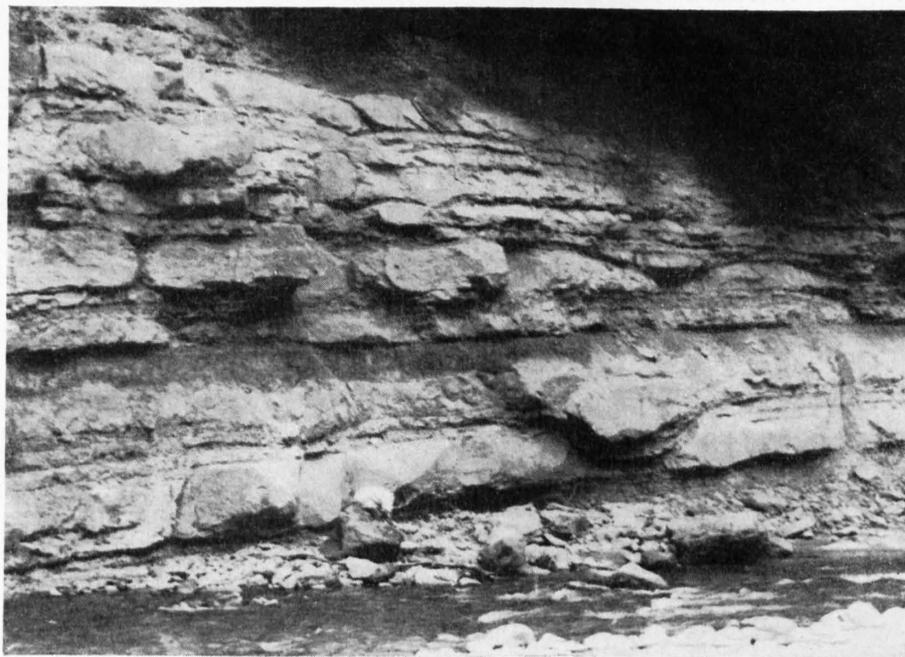


Fig. 3. Wulstartige Rinnenausfüllungen in den Mergel- und Sandsteinschichten des Aquitanien der Senseschlucht unterhalb Schwenny.

Die Tatsache, dass in den in Frage stehenden Schichten der Unteren Süsswassermolasse Glaukonit und Foraminiferen fehlen, lässt den Schluss zu, dass das Aquitanien in unserem Gebiet in einem Süsswassersee abgelagert wurde. Lokal dürfte die marine Fazies allerdings bereits unmittelbar vor der Ablagerung der Scherli-Nagelfluh eingesetzt haben. (Schliff mit Glaukonit und Foraminiferen vom Heitibüffel!)

Im Gegensatz zu den Beobachtungen in meinem Gebiet stehen die Beobachtungen von F. MUHEIM (Lit. 60) und A. BERSIER (Lit. 5). MUHEIM nimmt an, dass die «Untere Süsswassermolasse» im Vorarlberg marin oder brackisch sei. Er fand nämlich in den chattischen und aquitanen Sandsteinen frischen Glaukonit und Foraminiferen. Nach dem oben Gesagten spricht der Glaukonit, falls wirklich keine Aufarbeitung vorliegt, für marine Entstehung. Weniger zwingend scheint die Beweiskraft der Foraminiferen zu sein, da neben den Gattungen *Rotalia*, *Textularia* u. a. auch Orthophragminenreste vorhanden sind, die ohne Zweifel aufgearbeitet sind. Ähnliche Verhältnisse haben wir nach BERSIER in der Molasse von Lausanne. BERSIER erwähnt Funde von Ostreen, Haifischzähnen, Glaukonit und Foraminiferen aus dem mittleren Aquitanien der waadtländischen Molasse. Vielleicht handelt es sich hier aber bereits schon um unteres Burdigalien, da die zitierten marinen Fossilien nicht etwa aquitane Leitformen sind.

### Beziehungen zu den benachbarten Gebieten

Es wurde bereits erwähnt, dass das Aquitanien mit Ausnahme der Gegend von Alterswil und Tafers keinen direkten Zusammenhang mit den gleichaltrigen Vorkommen in benachbarten Gebieten aufweist.

<sup>1)</sup> Ich verweise hierzu auf die Arbeiten von BERZ (Lit. 6), CORRENS (Lit. 14), GALLIHER (Lit. 19), HUMMEL (Lit. 43), und TAKAHASHI (Lit. 80).

In der genannten Gegend selbst sind die Aufschlüsse mangelhaft. Es handelt sich zum grössten Teil um massige Sandsteine von gelblichgrauer Anwitterungsfarbe. Die Zuweisung zum Aquitanien erfolgt auf Grund ihrer Lagerungsverhältnisse.

Sehr günstig für die weitere Verfolgung des Aquitanien gegen Westen ist das Profil der Gotteronschlucht. Diese relativ kurze, aber tiefe Schlucht beginnt unmittelbar ausserhalb der SW-Ecke unseres Blattes bei Ameismühle und zieht sich fast geradlinig gegen W bis Freiburg. Die in ihr aufgeschlossenen Schichten des Burdigalien und des Aquitanien fallen mit 5—7° gegen W ein (Axialabtauchen der Schwarzenburg-Antiklinale). Beide Stufen sind durch TERCIER (Lit. 83 und Lit. 84) und MORNOD (Lit. 83) eingehend beschrieben worden. Das Burdigalien transgrediert auch hier mit einem sandigen Basiskonglomerat über die wellige Oberfläche des Aquitanien. Letzteres zeigt die gewohnte Ausbildung in Form einer Wechsellagerung von Sandsteinen und bunten Mergeln mit ihren horizontalen und vertikalen Übergängen. Bei P. 672 unterhalb Schönberg taucht das Aquitanien unter die Meeresmolasse ab. Die Aufschlüsse sind insofern von besonderer Bedeutung, als es den beiden Autoren gelang, etwa 20 m über der Transgressionsfläche gut erkennbare Muschelabdrücke (*Tapes*, *Venus* etc.) zu finden, die das marine Burdigalien in dieser Gegend zum erstenmal sicher beweisen.

Bei einer Begehung des Gotteronprofils entdeckte der Verfasser in der Mergelserie des Aquitanien unterhalb Maggenbergzelg einen ähnlichen, dunklen, sandigen Mergel mit Schalenfragmenten von *Heliciden*, wie er bereits von der Sense beschrieben wurde. Damit ist die Zugehörigkeit dieser Mergel und Sandsteine zur Unteren Süsswassermolasse auch durch Fossilien belegt.

Die im nördlichen Nachbargebiet (T. A. Blatt Neuenegg und Oberbalm) aufgeschlossenen Aquitanienvorkommen wurden von GERBER (Lit. 22) und RUTSCH (Lit. 72) beschrieben. Sie bilden die streichende Fortsetzung der im Aaretal von Bern abwärts anstehenden Unteren Süsswassermolasse. Im unteren Tafernatal treten sie nach kurzem Untertauchen unter die Obere Meeresmolasse östlich Lanthen wieder zutage und stehen mit den Vorkommen im Sensetal bei Flamatt und Thörishaus im Zusammenhang. Eine genaue Horizontierung und Abgrenzung gegen das Hangende ist mangels typischer Mergelaufschlüsse und wegen Fehlens des burdigalen Basiskonglomerates nicht möglich. Es sind ausschliesslich gelblichgrau anwitternde, ungeschichtete, weiche Sandsteine, die sich von Lanthen bis in die Gegend von Flamatt ununterbrochen verfolgen lassen.

In der Senseschlucht südlich Thörishaus beobachtet man an der Hundsfluh den aquitanen Mergelsandstein-Komplex mit dem hangenden Basiskonglomerat. Die Schichten weisen hier nach GERBER ein S-Fallen mit 5—8°, nach RUTSCH ein SE-Fallen mit 4° auf. Eine lokale tektonische Störung, über die Herr Dr. RUTSCH später berichten wird, verursacht am rechten Ufer der Sense, südlich des «Heitibüffels»<sup>1)</sup>, eine Hebung tieferer aquitaner Schichten. Weiter südlich (Koordinate 593 825/190 825, Blatt 332 Neuenegg) bildet die abtauchende Scherli-Nagelfluh auf eine Strecke von etwa 50 m den südlichen Teil einer ehemaligen etwas höheren Flußsohle. Am rechten Senseufer (Koordinate 594 000/190 825) steht genau im Streichen eine 3 m mächtige Nagelfluhbank am Fusse der Schluchtwand an. Ihre Fortsetzung ist beim «Heitibüffel» etwa 10 m über dem Sensebett nachweisbar. RUTSCH (Lit. 72) parallelisierte die bei der Schwarzwassermündung angeschnittene Geröllbank mit der Scherli-Nagelfluh. Es handelt sich bei diesem Konglomerat aber offensichtlich um die oft gut differenzierte Nagelfluhschicht, die sich kontinuierlich in einer Höhe von 8—20 m über dem Basiskonglomerat hinzieht und mit diesem verwechselt werden kann. Oft ist sie deutlicher ausgebildet als das Basiskonglomerat selbst. Dies ist beispielsweise der Fall unterhalb des Ferienheims Schössli auf Kote 690, an der Freiburgstrasse (vgl. Profil Fig. 2, S. 9) und oberhalb Fehlmatt. Zudem sind die Sandsteine an der Basis der Schwarzwassermündung stark glaukonithaltig und führen im Dünnschliff Foraminiferen, die eher auf marine Entstehung hinweisen. Die Grenze Aquitanien-Burdigalien ist demnach weiter nördlich, etwa an die durch die beiden oben erwähnten Koordinatenfixpunkte gegebene Linie zu legen.

<sup>1)</sup> Mit diesem Namen bezeichnen die Anwohner den in die Schlucht vorspringenden Felskopf westlich Mittelhäusern.

## 2. Burdigalien

Das Burdigalien ist durch die homogenen, dickbankigen Sandsteine charakterisiert, wie sie aus den grossen Steinbrüchen der näheren Umgebung von Bern (Ostermundigen, Stockeren usw., «Berner Sandstein») allgemein bekannt sind.

Es lässt sich eine untere Abteilung mit massigen Bausandsteinen und eine obere mit mehr plattigen, z. T. mergeligen, bläulichen Sandsteinen unterscheiden. Reine Mergel treten ganz zurück. Im Gebiet des Blattes Schwarzenburg ist im Gegensatz zu den östlichen Blättern nur der untere Teil des Burdigalien gut aufgeschlossen, so dass man mit Vorteil das durchgehende Profil dieser Stufe in der südlich anschliessenden Senseschlucht studiert.

Die Mächtigkeit des Burdigalien beträgt hier ca. 370 m, also wesentlich weniger, als GERBER (Lit. 26) angenommen hat (750 m)<sup>1)</sup>.

Das Burdigalien beginnt wie im Gebiet des Blattes Oberbalm (vgl. RUTSCH, Lit. 72) mit dem transgressiven Basiskonglomerat, das bei Besprechung des Aquitanien bereits kurz erwähnt worden ist.

### Das Basiskonglomerat (= Scherli-Nagelfluh)

Die Benennung des Basiskonglomerates als «Scherli-Nagelfluh» wurde von RUTSCH (Lit. 72) 1933 eingeführt. Die Ausbildung des Konglomerates im Scherligraben ist sehr typisch. Es handelt sich um eine dicht gepackte, fast sandfreie Nagelfluh, mit überwiegend quarzitischen und kristallinen Komponenten, die unter der Eisenbahnbrücke bei Niederscherli mit ihrem Schichtkopf einen Wasserfall bedingt und sich gegen W in einer Mächtigkeit von ca. 8 m auf eine weite Strecke verfolgen lässt.

Die Scherli-Nagelfluh zeichnet sich durch ihre weitflächige Ausdehnung einerseits und ihre auffallenden Mächtigkeitsschwankungen andererseits aus. Vor allem aber unterscheidet sie sich von den Nagelfluhen des Helvétien durch das fast völlige Fehlen kalkiger Komponenten. In der näheren Umgebung von Bern sind Konglomeratlagen im Beundenfeld und am Nordfuss des Grauholzes nach RUTSCH (Lit. 72) wahrscheinlich mit der Scherli-Nagelfluh zu parallelisieren. Desgleichen ist die etwas sandige Nagelfluh im Gotteron östlich Freiburg der Scherli-Nagelfluh gleichzusetzen (Lit. TERCIER 84). Mit ihrer weitflächigen Ausdehnung liefert sie uns ein vorzügliches Mittel für die stratigraphische Abgrenzung; ihre geringe und schwankende Mächtigkeit erschwert andererseits die Erklärung ihrer Bildungsweise.

Verlauf: Als streichende Fortsetzung des Vorkommens im Scherligraben ist die Scherli-Nagelfluh an der Hundsfluh südlich Thörishaus aufgeschlossen. Nach Süden zu verschwindet sie, ca. 4 m mächtig, südlich des «Heitibüffels» in der Sohle der Senseschlucht. Unterhalb Helfenberg taucht sie, auf ca. 2 m reduziert, erneut auf. Der Geröllhorizont steigt von hier im Nordschenkel der Schwarzenburg-Antiklinale bis in die Gegend von Wanne-Henzenried sanft gegen S an. Hier ändert die Fallrichtung, und die Scherli-Nagelfluh verschwindet unterhalb Schwenny erneut unter das Flussbett der Sense. Der Verlauf ist mit kurzen, durch Rutschungen und Verdeckung bedingten Unterbrüchen gut zu verfolgen. Im freiburgischen Teil des Untersuchungsgebietes kennen wir Aufschlüsse im Blatteraholz, im Grossholzgraben, im Tannenriedholz unterhalb Burgbühl und unterhalb Menzishaus.

Mächtigkeit: Am mächtigsten entwickelt ist die Scherli-Nagelfluh im Gebiet von Henzenried-Hexenplatz-Wanne an der Sense, wo sie  $x + 8$  m erreicht; hier ist auch die Geröllpackung am dichtesten. Gegen S und gegen N nimmt sie an Mächtigkeit ziemlich schnell ab. Unterhalb Schwenny ist sie nur noch durch Geröllschnüre angedeutet. Im N, bei der Grasburg, beträgt die Mächtigkeit noch 1,80 m und im Moosbachgraben unterhalb Helfenberg 0,50 m. Eine ähnliche Abnahme lässt sich gegen W im Blatteraholz konstatieren, wo die Scherli-Nagelfluh in einer Mächtigkeit von 2 m aufgeschlossen ist. Gelegentlich beobachtet man ein Geröllband, das sich in einer Höhe von 3—8 m über der Scherli-Nagelfluh hinzieht und oft mit dieser durch Geröllschnüre verbunden ist. Auch diese Geröllage zeigt ähnliche Mächtigkeitsschwankungen wie die Scherli-Nagelfluh selbst (vgl. S. 17). Ein drittes, selten mehr als Dezimeter mächtiges Band findet sich an einzelnen Stellen etwa 50 m über dem Basiskonglomerat.

<sup>1)</sup> RUTSCH bezifferte 1933 die Mächtigkeit des Burdigaliens im Gebiet des Blattes Oberbalm auf 440 m, reduziert sie aber im Zusammenhang mit neuen Detailkartierungen im Gebiet des Blattes Rüeggisberg auf 375 m (vgl. RUTSCH, Lit. 73).

Geröllführung: Die Bedeutung der Scherli-Nagelfluh als stratigraphischer Leithorizont rechtfertigt eine eingehendere Untersuchung ihrer Geröllführung und ihrer Ausbildungsweise. Eine Beschreibung ihrer Komponenten ist mit Ausnahme einer kurzen Bemerkung von RUTSCH (Lit. 72) noch nie publiziert worden. Die Preisarbeit von FRÜH (Lit. 18) berichtet nur über die Gerölle der Kalknagelfluh von Guggisberg.

Die nachfolgende Geröllstatistik, die an der Nagelfluh des Helvétien von Guggisberg ausführlicher angewendet wird, habe ich nach dem Vorgehen von K. HABICHT (mündliche Vereinbarung) und H. TANNER (Lit. 81) ausgeführt. Es wird dadurch jene Übereinstimmung der Gesichtspunkte erreicht, die für generelle Vergleiche mit Nagelfluhen anderer Gebiete dienlich ist. Die Methode ist im folgenden nur kurz erläutert, für ihre genaue Beschreibung sei auf die Arbeiten von ZINGG (Lit. 88), TANNER (Lit. 81) und HABICHT (Lit. 40) verwiesen<sup>1)</sup>.

Die Geröllanalysen haben den Zweck, den Bestand der Nagelfluhkompnenten qualitativ zu erfassen, über den mengen- und volumenmässigen Anteil der verschiedenen Gerölle, ihre Grösse, Form und Rundung und damit Länge und Art des Transportes Aufschluss zu geben. Mit makroskopischen und mikroskopischen Untersuchungen soll versucht werden, die Herkunft der Gerölle zu bestimmen. Die Grösse der Gerölle wird ermittelt durch Messen der drei Geröllachsen *a*, *b* und *c*.

Der Übersicht halber unterscheidet man vier Grössenklassen:

- I. bis zu 29 mm,
- II. 30— 74 mm,
- III. 75—119 mm,
- IV. über 120 mm, gemessen an der längsten Achse (*a*).

Die Form der Gerölle ergibt sich aus dem Achsenverhältnis, indem

$$\begin{array}{ll} b/a > \frac{2}{3} \text{ und } c/b > \frac{2}{3} = \text{kugelig k} \\ b/a < \frac{2}{3} \quad c/b > \frac{2}{3} = \text{stengelig st} \\ b/a < \frac{2}{3} \quad c/b < \frac{2}{3} = \text{flachstengelig fst} \\ b/a > \frac{2}{3} \quad c/b < \frac{2}{3} = \text{flach fl. ist} \end{array}$$

Die Rundung der Gerölle wurde mit dem Schema von KRUMMBEIN (vgl. hierzu TANNER, Lit. 81, S. 76) verglichen, das die verschiedenen Rundungsgrade in neun Klassen einteilt. Die Klasse 1 umfasst dabei die am schlechtesten und die Klasse 9 die am besten gerundeten Gerölle.

Der Volumenanteil der verschiedenen Geröllarten wird jedoch durch diese Messungen nicht zum Ausdruck gebracht. Die kleinen Gerölle überwiegen nur zahlenmässig. Zu diesem Zweck schätzt man in einem Aufschluss den volumenmässigen Anteil der verschiedenen Geröllarten, der durch eine Rangfolge dargestellt wird, z. B. Flyschsandkalke > Kalke > Kristallin. Eine Auszählung der grössten Gerölle orientiert uns über die vorhandenen extremen Dimensionen, die entscheidend sind für die Beurteilung der Stosskraft des Transportmittels.

Die Tabelle zeigt uns, dass die Scherli-Nagelfluh fast ausschliesslich aus transportbeständigen Geröllen zusammengesetzt ist. Kalke und Dolomite sind sozusagen eliminiert oder nur als kleine Gerölle vorhanden. Die kugelige Form ist ohne Rücksicht auf die textuellen Verschiedenheiten vorherrschend, und die Abrollungsgrade bewegen sich vorwiegend in den Klassen 6—8. Beste Rundung findet sich meist an den Quarziten und Gangquarzen, die aber auch geringere Rundungsgrade aufweisen.

Der Versuch einer Heimatbestimmung erweist sich trotz des guten Erhaltungszustandes als schwierig. Die grünen Granite erinnern, wie allgemein bekannt ist, an die Err-Juliergesteine, und die roten Granite sind mit den roten Varietäten des Berninagranites oder mit den rötlichen Micrograniten der Alpe Salanfe vergleichbar. Noch schwieriger sind in dieser Beziehung die schönen Granite mit den fleischroten und spangrünen Feldspäten, die am ehesten aus den Exotica des Wildflysches abzuleiten sind. Ein Diabasgestein zeigt grosse Übereinstimmung mit den von Herrn cand. geol. GRUNAU untersuchten ophiolithischen Gesteinen von Hauen am Jaunpass (Lit. 38). Die Radiolarite können ebenfalls aus der Simmendecke

<sup>1)</sup> TANNER hat nachgewiesen, dass 200 Gerölle für eine einwandfreie Charakterisierung eines Nagelfluh-Aufschlusses genügen.

**Tabellen zur Kennzeichnung der Scherli-Nagelfluh**

	Anzahl	Prozente	Grössenklasse				Form				Rundung				
			I	II	III	IV	k	st	f-st	fl	1-5	6	7	8	9
<b>I. Lokalität Heitibüffel</b>															
Rote Granite . . . . .	17	8	2	14	1	—	10	2	1	4	5	4	1	6	1
Grüne Granite . . . . .	32	15	2	27	3	—	18	1	2	11	10	5	4	9	—
Weisse Granite, Gneisse und atyp. Krist.	63	30	17	37	9	—	28	8	2	25	23	17	20	3	—
Porphyrische Gesteine . . . . .	8	3	4	3	1	—	6	2	—	—	1	2	2	3	—
Quarzite (Gangquarze, Ölquarzite etc.) .	91	42	13	76	2	—	33	39	5	14	34	15	19	14	—
Radiolarite . . . . .	4	2	1	3	—	—	3	1	—	—	—	2	2	—	—
Sedimente . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Total	215	100	39	160	16	—	98	53	10	54	73	43	51	35	13
Grösste Gerölle: Grüner Granit 84/67/57 mm.															
<b>II. Westlich Grasburg</b>															
Rote Granite . . . . .	8	4	1	7	—	—	6	1	1	—	1	4	3	—	—
Grüne Granite . . . . .	20	10	1	18	1	—	7	5	2	6	2	5	9	4	—
Weisse Granite, Gneisse und atyp. Krist.	65	30	1	58	5	1	29	7	5	24	25	11	18	8	3
Porphyrische Gesteine . . . . .	4	2	1	3	—	—	1	1	2	—	1	2	1	—	—
Quarzite (Gangquarze, Ölquarzite u. ä.)	107	50	7	95	4	1	58	18	6	25	32	42	14	11	8
Radiolarite . . . . .	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Dolomite, Kalke, Sandkalke . . . . .	9	4	—	9	—	—	1	3	2	3	2	7	—	—	—
Total	213	100	11	190	10	2	102	35	18	58	63	71	45	23	11
Grösste Gerölle: Roter, harter Mergel 130/95/68 mm; feinkörniger heller Granit 146/95/68 mm.															
<b>III. Westlich Wanne (E-Wand der Senseschlucht)</b>															
Rote Granite . . . . .	5	2	—	5	—	—	3	1	—	1	—	2	3	—	—
Grüne Granite . . . . .	19	10	2	16	1	—	8	5	1	5	6	4	6	—	3
Weisse Granite, Gneisse, atyp. Kristallin	56	27	—	32	24	—	24	12	11	9	11	22	6	9	8
Porphyrische Gesteine . . . . .	6	3	2	4	—	—	5	—	—	1	2	—	4	—	—
Quarzite (Gangquarze, Ölquarzite u. ä.)	112	54	11	93	8	—	50	15	5	42	40	21	20	16	15
Radiolarite . . . . .	2	1	2	—	—	—	2	—	—	—	—	—	2	—	—
Dolomite, sandige Kalke u. ä. . . . .	9	4	5	4	—	—	4	1	2	2	—	5	4	—	—
Total	209	101	22	154	33	—	96	34	19	60	59	54	45	25	26
Grösste Gerölle: Dunkler Gneiss 100/45/40 mm; Quarzit 105/95/50 mm.															

abgeleitet werden, während die Quarzite, bei denen die Gangquarze den Hauptteil stellen, keine Beheimatung zulassen. Es sei im folgenden eine kurze Beschreibung einiger typischer Gerölle gegeben:

**1. Grüner Granit.**

Grobkörniger, dichter Granit mit gelblichen und blassgrünen Feldspäten, viel Quarz als runde Einsprenglinge und in grober xenomorpher Zwischenfüllung. Glimmer in kleinen unregelmässigen Fetzen, zum grössten Teil chloritisiert.

*Dünnschliffbild N. 86:*

Textur: Massig.

Struktur: Richtungslos-körniges Gefüge, schwach kataklastisch.

Mineralbestand: Bei den Feldspäten überwiegen Mikroklin (bald mit, bald ohne Perthit), Plagioklas mit Albit-Lamelierung und beginnender Serizitisierung. Quarz nur als Zwischenfüllmasse und durchwegs undulös auslöschend. Randleiche Korrosionserscheinungen und Durchdringung von Quarz in Feldspat. Glimmer chloritisiert, zerfetzt und gebogen. Als akzessorischer Gemengteil grösserer Zirkon in Chlorit.

**2. Grobkörniger, heller Granit.**

Relativ grosse Feldspäte mit grobem, unregelmässig begrenztem, glasigem Quarz. Anhäufungen von chloritisiertem Glimmer.

*Schliffbild N. 88:*

Textur: Massig.

Struktur: Richtungslos-grobkörnig, kataklastisch.

Quarz als Zwischenfüllung durchwegs undulös auslöschend. Grosse Mikrokline mit typischer Gitterstruktur, Schachbrett-Albit, stark serizitisierte Orthoklase. Grosse, z. T. gebogene Chloritfetzen. Hornblende in Chlorit eingelagert.

### 3. Roter Alkali-Granit.

Mit dunklen fleischroten wohlumgrenzten Feldspäten und saussuritisierten Feldspatpartien ohne scharfe Umgrenzung. Grössere Quarzeinsprenglinge mit hexagonalen Anschnitten. Stark verwitterter Glimmer.

*Schliffbild N. 81:*

Textur: Massig.

Struktur: Grobgranophyrisch.

Mineralbestand: Quarz und Feldspat in feinkörniger, eutektischer Durchdringung als Grundmasse. Grosse Feldspateinsprenglinge ( $\frac{2}{3}$  perthitische Orthoklase,  $\frac{1}{3}$  Plagioklase und Quarz). Randliche Korrosions- und Resorptionserscheinungen bei den primär idiomorphen Feldspäten gegen die Grundmasse. Wenig vererzter Glimmer mit Magnetit.

### 4. Quarz-Keratophyr.

Relativ feinkörnig mit fleischroten Feldspäten, viel Quarz, wenige Glimmerschüppchen.

*Schliffbild N. 84:*

Textur: Massig.

Struktur: Feingranophyrisch.

Körnig verzahnte Quarz-Feldspat-Grundmasse mit randlich korrodierten Feldspat- und Quarzeinsprenglingen. Orthoklase (Mikrokline und Perthite) und Plagioklase. Quarz z. T. idiomorph. Wenig vererzter Glimmer. Akzessorisch Apatit.

### 5. Dichter graugrüner Quarzporphyr.

Feldspatische Grundmasse mit z. T. grossen Quarzeinsprenglingen und kleinen chloritisierten Glimmerschüppchen.

*Schliffbild N. 87:*

Textur: Massig.

Struktur: Grobgranophyrisch.

Mikrolithische Grundmasse, z. T. serizitisiert. Darin eingelagert fetzig zerrissene Plagioklase und vereinzelt Orthoklase (Schachbrett-Albit). Grosse Quarzindividuen mit idiomorpher Umgrenzung. Glimmer vollständig chloritisiert, Chlorit var. ?Pennin. Durchsetzende Adern mit Kalzit und Epidot als nachträgliche hydrothermale Bildung. Desgleichen Epidot als Umwandlungsprodukt aus Plagioklasen.

### 6. Dichter, rötlichbrauner Quarzporphyr.

Mit rundlichen idiomorphen Orthoklas- und Quarzeinsprenglingen in feldspatischer Grundmasse.

*Schliffbild N. 89:*

Textur: Massig.

Struktur: Feingranophyrisch.

Dichte mikrolithische, verfilzte Grundmasse mit schlecht ausgeschiedenen Plagioklasen. Schriftgranitähnliche Durchwachungen von Quarz und Feldspat. Grössere Quarzindividuen mit hexagonalen Basisschnitten. Durchsetzende Adern mit Quarz und Feldspat gefüllt.

### 7. Dichter, braunvioletter Diabas mit Chloriteinlagerungen und feinen, nadeligen, glänzenden Feldspatleisten.

*Schliffbild N. 82:* Mikrolithische, fast glasige, sperrige Grundmasse von feinem Plagioklas mit sperrig durcheinander gelagerten Plagioklasleisten. Chlorit in Fetzen und in Pseudomorphosen nach Olivin oder Pyroxen. Chlorit mit beginnender Vererzung. Dieses Gestein zeigt grosse Übereinstimmung mit den von GRUNAU (persönliche Mitteilung) untersuchten ophiolitischen Gesteinen von Hauen am Jaunpass.

## Schichtungsformen

Die Scherli-Nagelfluh zeichnet sich durch häufige Auskeilerscheinungen und stark wechselnde Schichtungsformen aus, wie sie in den beigegebenen Skizzen, Fig. 4 und 5, etwas schematisiert dargestellt sind. Auch bei stärkster Mächtigkeitsreduktion bleibt doch eine Geröllschnur übrig. Meistens beobachtet man ein Auflösen der Nagelfluhschicht in girlandenförmige Schnüre, die sich nach kürzerer oder längerer Distanz wieder zu

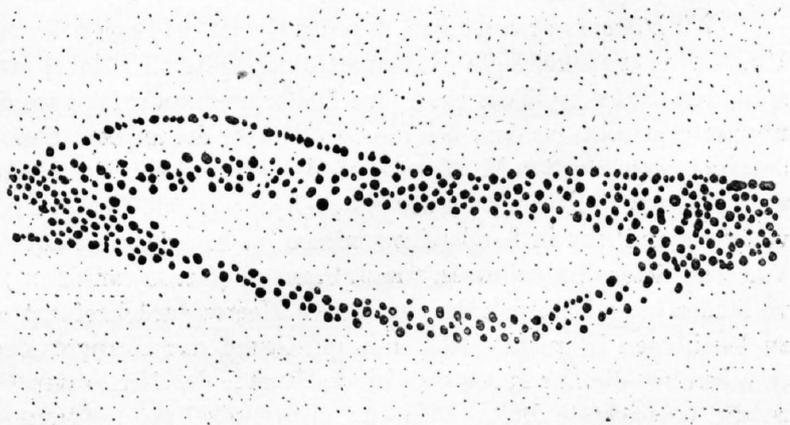


Fig. 4a. Übergang der Konglomeratbank (Scherlinagelfluh) in girlandenförmige Geröllschnüre. Aufschluss unterhalb Wanne (Senseschlucht) in ca. 730—740 m.

Maßstab ca. 1/50 der natürlichen Grösse.

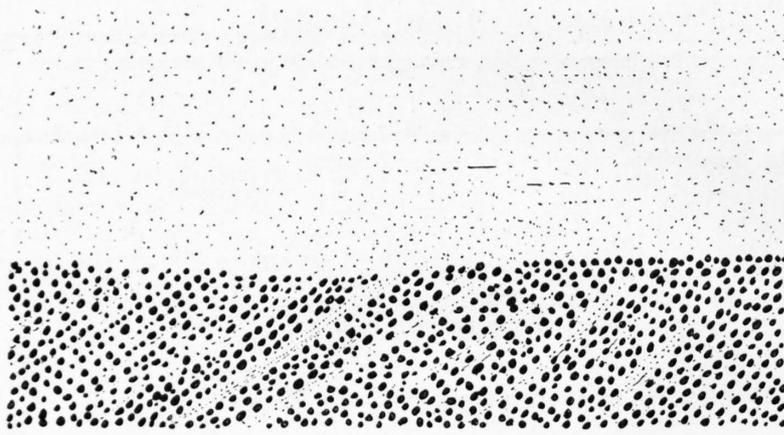


Fig. 4 b. Deltaschichtung in der Scherli-Nagelfluh. Aufschluss unterhalb Wanne (Senseschlucht) in ca. 740 m.  
Maßstab 1/200 der natürlichen Grösse.

Ca. 30° N-Fallen der Geröllagen. Das Konglomerat ist an der Oberkante scharf abgeschnitten, so dass eigentlich nur der mittlere und untere Teil einer ehemals mächtigeren Nagelfluhschicht erhalten geblieben sind.

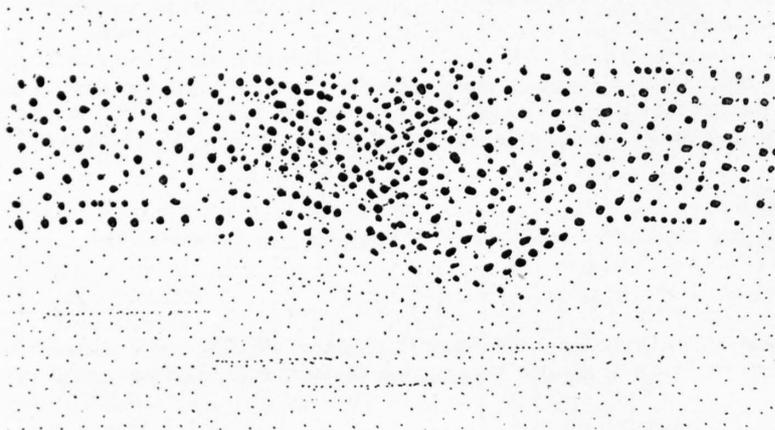


Fig. 4 c. Kreuzschichtung in einer sandreichen Partie der Scherli-Nagelfluh unterhalb Helfenberg (Senseschlucht).  
Maßstab 1/50 der natürlichen Grösse.

Sandstein über, der von den bunten Mergeln des Aquitanien unterlagert wird.

Wir können uns vorstellen, dass das Gebiet bei Beginn der miocaenen Meerestransgression eine unter Umständen trockengelegte Strandplatte darstellte. Die lokal mehrere Meter anschwellenden Nagelfluhschichten dürfen wohl als ehemalige Deltarinnen aufgefasst werden, die von Zeit zu Zeit vom Meer her überflutet wurden, so dass sich die Gerölle über die unebene Strandfläche ausbreiten und mit losem Sand durchmischen konnten<sup>1)</sup>. Wenn auch die Anwesenheit des Meeres nicht durch Makrofossilien bewiesen werden kann, so weisen doch der plötzlich einsetzende Glaukonitgehalt der Sandsteine und das Auftreten von Foraminiferen in Sandsteinschmitzen im Konglomerat auf das marine Milieu hin. Primär kann der Vorstoss dieses Grottschuttes, wie J. CADISCH (Lit. 12) annimmt, vielleicht auf eine Kippung des Alpenvorlandes beim Einbruch des burdigalen Meeres zurückgeführt werden. Die Richtung dieses Vorstosses zu bestimmen ist nicht leicht. Sie auf Grund der Korngrössenabnahme und Rundung nachzuweisen, erlauben uns die nur in relativ kleinem Raume durchgeführten Gerölluntersuchungen nicht. Desgleichen ist die beobachtete Deltaschichtung nicht unbedingt richtungsanzeigend. Die einzige Möglichkeit, die

<sup>1)</sup> Diese zeitweilige Überflutung dürfte sich auch in der überwiegend kugeligen Form der Gerölle dokumentieren, die aus dem Hin- und Herrollen der Komponenten hervorgeht (vgl. hierzu ZINGG, Lit. 88, S. 91).

einer zusammenhängenden Konglomeratbank vereinigen (Fig. 4 a). Deltaschichtung tritt öfters auf. Möglicherweise bildet sie die Hauptschichtungsform der Scherli-Nagelfluh. Man beobachtet sie besonders schön im Aufschluss unterhalb Wanne (Fig. 4 b). Die Scherli-Nagelfluh ist dort gegen oben scharf abgeschnitten und wird von geröllfreiem, massigem Sandstein überlagert. Die Geröllagen sind z. T. durch mergelige Sandsteinlagen voneinander getrennt und weisen ein N-Fallen von 25—30° auf. Eine ähnliche Fallrichtung der Deltaschichtung erwähnt GERBER (Lit. 26) von der Hundsfluh.

Kreuzschichtung beobachtet man mehr bei sandiger Ausbildung, so z. B. unterhalb Helfenberg (Fig. 4 c).

Konglomerataschen, wie sie im vorigen Abschnitt beschrieben wurden (S. 11), treten besonders gut ausgeprägt im Aufschluss unterhalb Spitzeren (Koord. 590 500/184 250), ferner im Aufschluss an der Freiburgstrasse auf (Fig. 5).

Eine Erscheinung, die nur einmal beobachtet werden konnte, tritt am «Heitibüffel» auf. Dort ist die Scherli-Nagelfluh gegen oben scharf abgegrenzt, geht aber gegen unten in eine Geröllstreuung im

sich uns in dieser Beziehung bietet, liefern die Geröllarten selbst. Ihre Ableitung aus den im S gelegenen Alpen zwingt zur Annahme einer generellen S-N-Richtung.

### Die Zone der Bausandsteine

Über der Scherli-Nagelfluh folgen als mächtigstes Schichtglied im Kartengebiet die Bausandsteine des Unteren Burdigalien, die in zahlreichen Steinbrüchen aufgeschlossen sind. Den besten Einblick geben aber auch hier die tiefen Einschnitte der Sense und des Schwarzwassers. In der Sense-schlucht reichen die Bausandsteine gegen S bis unterhalb Ober-Maggenberg und in der Schwarzwasserschlucht gegen E nach RUTSCH (Lit. 72) bis in das Gebiet des Bütschelbaches.

Dieser untere Teil des Burdigalien besteht aus massigen, monotonen Sandsteinen mit vereinzelt eingestreuten Geröllen und Geröllschnüren. Auf glimmerreichen Schichtflächen sind oft Wellenfurchen und Anhäufungen von kohligem Detritus zu beobachten. Grössere Lagen von Schwemmholz finden sich in der westlichen Schluchtwand der Sense unterhalb Mösel. Ausser einem Hai-fischzahn sind keine Makrofossilien gefunden worden. Konkordante Schichtung überwiegt. Gelegentlich ist Kreuzschichtung anzutreffen (z. B. im Steinbruch Hölzli südlich Schwarzenburg). Wabenverwitterung, die in den aquitanen Sandsteinen nie beobachtet wurde, tritt in besonders schöner Ausbildung an der östlichen Schluchtwand der Sense gegenüber Mösel auf <sup>1)</sup>. Im übrigen unterscheidet sich dieser Sandstein makroskopisch sehr wenig von demjenigen des Aquitanien. Besser erkennbar ist der Unterschied im mikroskopischen Bild:

Die Korngrösse wechselt auch hier von feinem bis zu relativ grobem Korn (vgl. sedimentpetr. Abschnitt, S. 39), und der allothigene Mineralbestand bleibt sich im Dünnschliffbild + gleich. Es sind eckig splittrige und kantengerundete Quarzkörner, z. T. mit undulöser Auslöschung, sehr viel frische Mikrokline

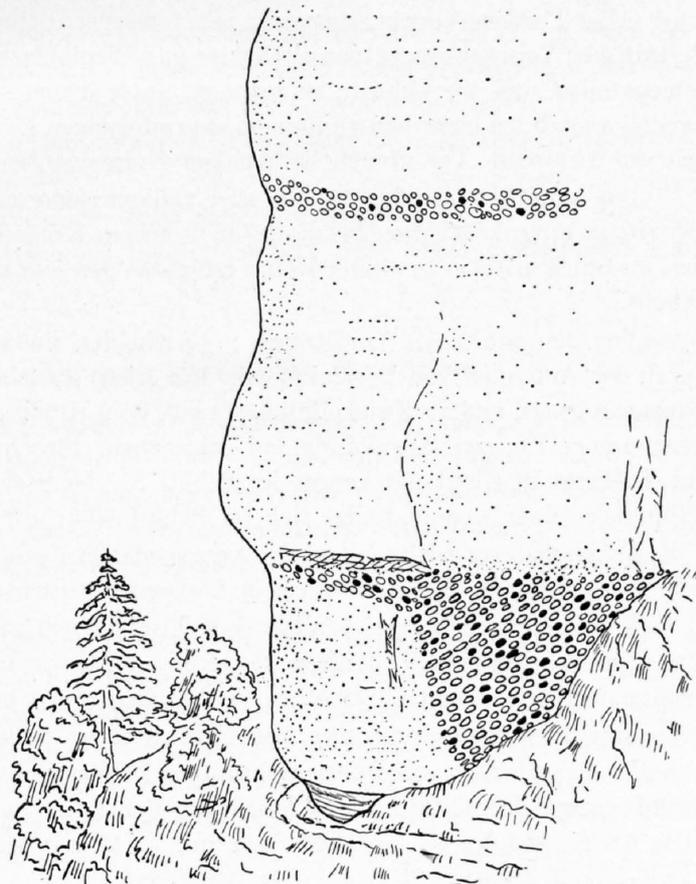


Fig. 5. Rinnenausfüllung durch das Basiskonglomerat. Aufschluss unterhalb Spitzeren (Senseschlucht) in ca. 730 m.

Die Lage der Schrägschichtung weist auf die nachträgliche Zuschüttung senkrecht zur Achse der prielartigen Rinne hin.

<sup>1)</sup> DANIEL HÄBERLE, der sich mit den Kleinverwitterungsformen der Sandsteine eingehend beschäftigt hat, erklärt den Vorgang der Wabenverwitterung wie folgt:

Die vadosen Wässer, die in den Kapillaren der Sandsteine zirkulieren, verursachen die verschiedensten mineralchemischen Prozesse. Sie vermindern die Bindefestigkeit, lösen das Bindemittel je nach Widerstandsfähigkeit auf und scheiden es an anderen Stellen wieder aus. Die dadurch entstehenden strukturellen Verschiedenheiten treten meist in den tonigen Zwischenlagen besonders in Erscheinung, so dass gewöhnlich die Schichtfugen den Ausgangspunkt der Verwitterung bilden. Die herausgewitterten Teile dürfen somit als Infiltrationsbahnen betrachtet werden, die mit den gelösten Stoffen imprägniert wurden. Als Imprägnationsmineral lässt sich meist Limonit nachweisen.

Nach BEYER (zit. nach HÄBERLE, Lit. 39) ist die Wabenbildung in erster Linie auf die chemische Verwitterung zurückzuführen. Die zirkulierenden Wässer enthalten freie Schwefelsäure, die durch Entzug von Tonerde, Kalzium und Kalium das Bindemittel zerstört und Kali-Ammonium-Alaun und Gips neu bildet. Diese neugebildeten Stoffe scheiden sich an der Oberfläche aus und wirken durch die Kristallisation sprengend. Der Gips veranlasst an gewissen Stellen eine Änderung der Richtung der zirkulierenden Wässer und konserviert und überkrustet durch Imprägnation die entstandenen Rippen. Die physikalischen Kräfte wirken bei diesen Bildungen nur unterstützend. In der Tat lassen sich solche weisse Ausblühungen auch in der Senseschlucht nördlich der Guggersbachbrücke beobachten. Es handelt sich hier offenbar um den «Salpeter» der Anwohner.

(oder Albit-Periklas-Verwachsungen?) mit typischer Gitterstruktur, Plagioklase mit Albit-Lamellierung. Perthitische Verwachsungen von Orthoklas und Plagioklas werden ebenfalls oft beobachtet. Zu den Übergangsteilen sind die Chlorite zu rechnen, unter denen verschiedene Varietäten festzustellen sind. So handelt es sich bei einer feinschuppigen, wurmförmigen Einlagerung in Quarz im Schliff 342 wahrscheinlich um Thuringit. Die grauen halbopakten Komponenten sind offenbar Dolomitfragmente.

Das kalzitische Bindemittel ist aber vollkommener ausgebildet als bei den aquitanen Sandsteinen. Es tritt in mikrokristalliner Form und in grösseren Kristallen mit Zwillingslamellen auf. Ausserdem lässt sich im Bindemittel noch älterer Kalzit unterscheiden, der sich durch seine Umgrenzung vom Basiszement abhebt.

Von den aquitanen Sandsteinen unterscheiden sie sich vor allem durch den Glaukonitgehalt und durch das Auftreten von Foraminiferen. Der frisch aussehende, unverwitterte Glaukonit tritt in relativ grossen Körnern und als Zwickelfüllungen auf. Sein Erhaltungszustand spricht ohne Zweifel für authigene Entstehung. Faserige Ausbildung mit schwachem Pleochroismus und eine Umwandlungserscheinung? von Feldspat in Glaukonit konnte im Schliff 335 beobachtet werden. Glaukonit als Kämmerchen-Ausfüllung bei einer *Rotalia* findet sich im Schliff 360.

Der Gehalt an Glaukonit in den verschiedenen Gesteinsproben ist ungleich, eine gesetzmässige Zunahme ist weder in vertikaler noch in horizontaler Richtung nachzuweisen.

Bei den Foraminiferen handelt es sich mit Ausnahme eines unbestimmbaren Foraminiferenrestes ausschliesslich um eine nicht näher bestimmbare *Rotalia* sp. Sie sind alle frei von fremden Gesteinsfragmenten im Basiszement eingebettet, so dass man auch hier ihre primäre Lagerstätte annehmen darf.

Phosphorit? als authigenes Mineral konnte im Schliff 301 festgestellt werden.

Die Schriffe zeigen meist eine richtungslose Einlagerung der Komponenten, doch ist bei entsprechender Orientierung der Schliffproben senkrecht zur Schichtfläche die primäre Feinschichtung durch die lagenhafte Anordnung der Glimmerblättchen und der länglichen Komponenten gut festzustellen (Schliff 335).

### Oberes Burdigalien

Im oberen Teil des Burdigalien überwiegen die plattigen und bläulich-mergeligen Sandsteine. Eine scharfe Grenzziehung zwischen diesen beiden, nur durch lithologische Kriterien unterscheidbaren Abteilungen des Burdigalien ist jedoch in unserem Gebiet nicht durchzuführen. Wahrscheinlich dürften die im Schwarzenburger Steinbruch im Hölzli (Koord. 592 875/184 240) aufgeschlossenen obersten Schichten bereits in diese obere Abteilung zu stellen sein. Weitere Aufschlüsse, die z. T. plattige, z. T. bläulich-mergelige Sandsteine zeigen, finden sich in den Gräben, die von Zumholz und Eisengruben in die Dorfmatte führen, sowie an der Strasse nach Riedstätt bei Ob dem Wald.

### Fossilführung und Alter

Ausser einem Haifischzahn und Foraminiferen sind im Burdigalien des untersuchten Gebietes keine Fossilien gefunden worden. Der Zahnfund stammt von einem Aufschluss hinter dem Scheibenstand von Schwarzenburg (820 m) und wurde mir von Herrn Dr. Loosli (Belp) in liebenswürdiger Weise übergeben. Eigene Nachforschungen in diesem Aufschluss verliefen leider erfolglos.

Es handelt sich bei diesem Haifischzahn um den ersten Fund eines marinen Makrofossils im Burdigalien zwischen Schwarzwasser und Gotteron.

Die Bestimmung des gut erhaltenen Exemplares ergab

*Odontaspis cuspidata* L. AGASSIZ, 1884

1927. *Odontaspis cuspidata* L. AG., M. LERICHE, Abh. Schw. Pal. Ges. Bd. XXVI und XXVII, S. 11, T. I., Fig. 5—10. Im Rupélien: Im Berner Jura. Im Burdigalien: Bantiger. Im Vindobonien: Belpberg.

1933. *Odontaspis cuspidata*, L. AG., R. RUTSCH, Beitr. z. Geol. d. Umgebung von Bern. Beitr. z. Geol. K. d. Schweiz, N. F. 66, 1933. Im Burdigalien: Stockeren, Ostermundigen.

Bei den Foraminiferen handelt es sich, wie bereits erwähnt, um *Rotalia* spec. ohne genauere Bestimmungsmöglichkeiten. Die Rotalien sind nach CUSHMAN (Lit. 15) flachmeerische Formen.

Mit diesen Fossilien kann das Alter dieser Schichtfolge im Untersuchungsgebiet nicht sichergestellt werden. Auch die Fossilfunde von TERCIER (Lit. 83) im Gotteron und von RUTSCH (Lit. 72) im Schwarzwasser beweisen mit den unsrigen nur die marine Fazies dieser Schichten. Einen Hinweis in dieser Beziehung gibt uns vielleicht ein Unterkiefer von *Amphitragulus* aus der Gegend von Wislisau (T. A. 335), doch stammt dieser Fund nicht aus dem Anstehenden, so dass sich auch hier die Altersfrage nicht genau beantworten lässt (vgl. hierzu RUTSCH, Lit. 73).

Die Zuweisung dieser Schichten zum Burdigalien erfolgt daher vorläufig auf Grund ihrer Stellung zwischen dem paläontologisch fixierten Aquitanien als Liegendem und dem sicheren Helvétien von Guggisberg als Hangendem.

### Die Abgrenzung des Burdigalien gegen das Helvétien

Eine Abgrenzung des Burdigalien gegen das Helvétien auf paläontologischer Grundlage ist in unserem Untersuchungsgebiet — wie auch in den benachbarten Regionen — nicht durchzuführen. Wie bereits erwähnt, haben wir nur im liegenden Aquitanien und im hangenden Helvétien paläontologische Fixpunkte; die dazwischen liegende Serie lässt sich paläontologisch nicht aufteilen. Die von GERBER (Lit. 33) und RUTSCH (Lit. 72) in den Nachbargebieten vorgenommene Grenzziehung beruht daher ausschliesslich auf lithologischen Kriterien.

Als Grenzschiebt wird ein der Scherli-Nagelfluh in Ausbildung und Geröllführung sehr ähnlicher Geröllhorizont — die Ulmiz-Nagelfluh — angenommen. Die Auffassung über die stratigraphische Stellung dieses am Ulmizberg typisch aufgeschlossenen Horizontes erfuhr durch GERBER (Lit. 26, 28, 30) wiederholte Änderungen. Seine endgültige Festlegung als Grenzschiebt zwischen Burdigalien und Helvétien geschah 1933 sowohl durch GERBER (Lit. 33) als auch durch RUTSCH (Lit. 72), da im Liegenden dieser Nagelfluh die Bau- und Plattensandsteine vorherrschen und im Hangenden sichere Helvétienfossilien und die typischen Mergel des Helvétien auftreten<sup>1)</sup>.

Es gelang RUTSCH, die Ulmiz-Nagelfluh sowohl im Gebiet des Blattes Oberbalm als auch im Gebiet von Rüeggisberg zu verfolgen, doch keilt sie nach ihm westlich des Schwarzwassers im Gebiet des Lindenschachgrabens aus. Auch in unserem Untersuchungsgebiet konnte sie nicht mehr mit Sicherheit nachgewiesen werden. Eine quarzitreiche Geröllage am Pfad von Flühweid zur Sense westlich Riedstätt (T. A. 348) kann vielleicht als Ulmiz-Nagelfluh aufgefasst werden, denn sie lässt sich auf Grund der tektonischen Verhältnisse konstruktiv mit der Grenzschiebt im Blatt Rüeggisberg ziemlich gut parallelisieren. Eine gewisse Bestätigung für diese Annahme bietet ein muschelführender Grobsandstein — der erste und stratigraphisch tiefste Fossilhorizont der Meeresmolasse im Gebiet der Sense — der bei Koord. 589 500/181 050 in der streichenden Verlängerung dieser Geröllage liegt. Ähnliche muschelführende Grobsandsteine als Übergang aus der Ulmiz-Nagelfluh beschreibt RUTSCH (Lit. 72) aus dem Gebiet des Blattes Oberbalm.

Mit dieser leider weitgehend supponierten Grenze erhalten wir eine Mächtigkeit für das gesamte Burdigalien von rund 370 m. Das untere Burdigalien nimmt dabei rund 300 m ein, während die restlichen 70 m von den plattigen Sandsteinen des oberen Burdigalien gebildet werden.

### Der Anschluss an die Nachbargebiete

Die burdigalen Schichten unseres Untersuchungsgebietes sind zeitlich und faziell das Äquivalent der Luzerner Schichten, die nach einem Faziesübergang in Nagelfluh im Emmentaler Schuttfächer westlich der Aare am Längenberg wieder in ihrer gewohnten psammitischen Ausbildung auftreten (vgl. RUTSCH, Lit. 72). Von der Schwarzenburger Gegend lässt sich das Burdigalien in das Gebiet von Freiburg verfolgen, wo die massigen Sandsteine in der Saane- und Gotteronschlucht aufgeschlossen sind.

<sup>1)</sup> GERBER (Lit. 30) bezeichnete 1925 die unterhalb Helfenstein an der Freiburgstrasse aufgeschlossene Scherli-Nagelfluh als Ulmiz-Nagelfluh und somit als Grenze Burdigalien-Helvétien.

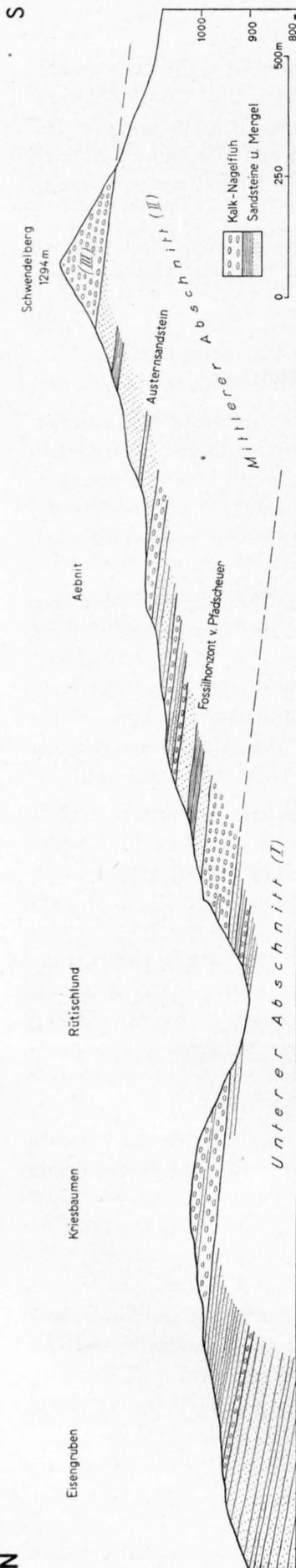


Fig. 6. Stratigraphisches Profil durch das Vindobonien von Guggisberg.

### 3. Vindobonien (Helvétien und ?Tortonien)

Im Gebiet des Blattes Schwarzenburg ist nur der untere Teil des Helvétien aufgeschlossen. Für die Beschreibung des ganzen Schichtprofils war es daher notwendig, die Untersuchungen auf das südlich anschliessende Blatt Guggisberg auszudehnen. Diese Ergänzungen wurden zur Hauptsache nördlich und westlich von Guggisberg durchgeführt, während das südlich von Guggisberg gelegene Gebiet nur cursorisch durchgegangen wurde. Es sei Herrn Prof. Dr. J. TERCIER für die Erlaubnis zu diesen Untersuchungen in dem von ihm kartierten Gebiet an dieser Stelle nochmals herzlich gedankt.

Das Vindobonien zeichnet sich durch das Einsetzen mächtiger Kalknagelfluhmassen aus, sowie durch die typischen blauen, harten und z. T. schiefrigen Mergel und reichhaltigen Fossilhorizonte.

Im Gebiet von Guggisberg können zwei grosse Nagelfluhkomplexe unterschieden werden. Der untere — er sei hier Kalchstätter-Nagelfluh genannt — lässt sich von Osten her vom Gebiet von Hängelen (T. A. Rüscheegg), wo er von RUTSCH festgestellt worden ist (Lit. 73), gegen W über Milkenschür-Kriesbaumen-Pfadflüh-Unter Zahmisholz bis Kalchstätten-Buggel verfolgen. In den Südhängen von Guggisberg setzt sich dieser Leithorizont wahrscheinlich vom Hältelibachgraben (980 m) unterhalb Kilchhalten über Holzersflüh bis in die Mettlenfluh südwestlich Riffenmatt fort. Er bildet somit den eigentlichen Sockel des Guggisberger Massivs.

Der obere Komplex — die Guggershorn-Nagelfluh — baut die Kappe des Guggershorns mit dem hervorstechenden Felszahn und den Schwendelberg auf.

#### Das Schichtprofil

Kalchstätter Nagelfluh und Guggershorn-Nagelfluh gliedern das Vindobonien des Guggisberger Gebietes in drei Abschnitte (vgl. hierzu Fig. 6).

Der untere Abschnitt (I) umfasst dabei die Ulmiz-Nagelfluh oder deren Äquivalente mit den hangenden Sandstein- und Mergelschichten bis zur Basis der Kalchstätter Nagelfluh;

der mittlere Abschnitt (II) die Kalchstätter Nagelfluh und die darüber folgenden fossilführenden Mergel und Sandsteine mit den eingeschalteten weniger mächtigen Nagelfluhbänken und

der obere Abschnitt (III) endlich die Guggershorn-Nagelfluh.

#### Der untere Abschnitt des Vindobonien (I)

Er entspricht stratigraphisch dem unteren und z. T. dem mittleren Abschnitt des von RUTSCH im Gebiet des Blattes Rüeggisberg lithologisch gegliederten Helvétien (vgl. RUTSCH, Lit. 73). Diese Inkongruenz der Gliederung ergibt sich aus den Verschiedenheiten der Ausbildung, die, wie wir weiter unten sehen werden, durch einen Fazieswechsel bedingt sind.

Dieser Fazieswechsel macht sich nach RUTSCH bereits im Gebiet zwischen Schwarzwasser und Gambach (Aulisgraben) bemerkbar. So dürfen die von RUTSCH erwähnten Quarzitnagelfluhbänder des unteren und mittleren Helvétien westlich Rüscheegg-Graben als die westlichen Ausläufer des quarzitführenden Emmentaler Schuttfächers betrachtet werden. Eine wenig mächtige Geröllage im Wydengraben

auf Kote 810, östlich Milken, führt neben Quarziten auch Gerölle vom Guggisberger Nagelfluhtypus (gelbe Sandkalke) und stellt somit eine Überschneidung dieser beiden Schuttfächer dar.

Die stratigraphisch tiefsten Aufschlüsse des Helvétien im Gebiet des Blattes Schwarzenburg finden sich im Wäldchen südlich Zumholz auf Kote 920—930, im Tannhölzli unterhalb Eisengruben und im Graben von Grubenboden auf Kote 900 (vgl. Taf. I, sowie Fig. 6). Sie zeigen meist eine Wechsellagerung von dünnplattigen, mergeligen Sandsteinen mit bläulichen, z. T. harten Mergeln. Im Aufschluss Grubenboden steht die im Untersuchungsgebiet tiefste Kalknagelfluh an. Man beobachtet in diesem Graben vom Hangenden zum Liegenden:

Oben	1. Wechsellagerung von schiefrigen Mergeln und plattigen Sandsteinen mit Wellenfurchen und vereinzelt Steinzylindern . . . . .	3,80 + x m
	2. Kleingeröllige Kalknagelfluh . . . . .	0,30 m
	3. Homogener Sandstein, bräunlichgelb . . . . .	1,20 m
	4. Kleingeröllige Nagelfluh . . . . .	0,50 m
	5. Harter, dunkelgrauer Sandstein . . . . .	0,25 m
	6. Kalknagelfluh . . . . .	0,30 m
	7. Harte, bläuliche Mergel . . . . .	1,20 m
Unten	8. Sandige Mergel, graugelb mit Steinzylinder . . . . .	x + 0,50 m

Die hier durch die Sandsteinlagen getrennte Kalknagelfluh lässt sich wahrscheinlich mit der von RUTSCH (Lit. 73) beschriebenen Nagelfluh von Schluchtholz-Halten parallelisieren. Sie bildet möglicherweise das auskeilende Westende dieses Horizontes, denn weiter im W konnte sie nicht mehr nachgewiesen werden. Ähnlich verhalten sich offenbar die auf S. 22 erwähnte Ulmiz-Nagelfluh und die zwei von RUTSCH (Lit. 73) beschriebenen darüber folgenden Fossilhorizonte im Wydengraben auf Kote 780 m und Kote 830 m. Auch diese konnten im Untersuchungsgebiet nicht mehr nachgewiesen werden. Wohl beschreibt RUTSCH 1926 (Lit. 70) einen Sandstein mit *Meretrix intercalaris* oberhalb Zumholz auf Kote 930, unsere Nachforschungen nach weiteren Fossilfunden verliefen aber auch hier ergebnislos.

Die Gründe für diese Faziesveränderung von E nach W sind nicht ersichtlich. Es ist möglich, dass sich hier der Guggisberger Schuttfächer bereits bemerkbar macht, obwohl seine Geröllschüttung stratigraphisch erst etwas höher in aller Stärke einsetzt (Mündungsgebiet).

Aufschlüsse im höheren Teil des unteren Abschnittes finden sich in der Pfadfluh und im Spühlebach. Es handelt sich auch hier um Wechsellagerungen von Sandsteinen und Mergeln mit Einschaltungen von etwas mächtigeren Nagelfluhbänken (vgl. Profil Fig. 6).

Der Aufschluss in der Pfadfluh zeigt folgende lithologische Verhältnisse:

Oben	1. Kalchstätter-Nagelfluh, Basis auf Kote 950 m . . . . .	ca. 60,00 m
	2. Wechsel von Mergeln und Sandsteinen mit Steinzylindern . . . . .	5,00 m
	3. Kalknagelfluh von mittlerer Geröllgrösse . . . . .	0,80 m
	4. Mergel, bläulich, hart . . . . .	2,00 m
	5. Sandstein, massig, mit Glaukonit . . . . .	5,00 m
	6. Kalknagelfluh . . . . .	2,00 m
Unten	7. Wechsellagerung von Mergel und Sandsteinen . . . . .	ca. 20,00 m

Ausser den erwähnten Steinzylindern sind im unteren Abschnitt des Helvétien dieses Gebietes keine Makrofossilspuren gefunden worden. In den Dünnschliffen der Sandsteine, die in ihrem Mineralgehalt den burdigalen durchaus ähnlich sind und ebenfalls reichlich Glaukonit führen, konnten hingegen folgende Foraminiferen nachgewiesen werden:

<i>Rotalia gyroidina</i> D'ORBIGNY . . . . .	}	Schliff 357. Sandsteinschmitze der Nagelfluh von Grubenboden. (Fig. 7, S. 24.)
<i>Rotalia</i> spec. indet. . . . .		
<i>Discocyclina</i> spec. indet. . . . .		
Bryozoen, Holzreste . . . . .		
<i>Globigerina</i> spec. indet. . . . .	}	Schliff 354, aus dem liegenden Sandstein der Kalchstätter Nagelfluh in der Pfadfluh.
<i>Rotalia</i> spec. indet. . . . .		
Unbestimmbare Kleinforaminiferen . . . . .		
<i>Rotalia</i> spec. indet. . . . .	}	Schliff 349, Liegendes der Kalchstätter Nagelfluh von Spühlebach.
<i>Discocyclina</i> spec. indet. . . . .		

Die Rotalien und Globigerinen sind möglicherweise autochthon, die Discocyclinen zweifellos eingeschwemmt.

Westlich von Riedstätt folgen über dem Burdigalien im Niederriedgraben wieder überwiegend dünnplattige, mergelige, glaukonitische Sandsteine. Vereinzelt sind auch in ihnen Problematika anzutreffen (siehe unten).

Im Graben von Mittlisried südwestlich Riedstätt (vgl. Tafel I) folgt auf Kote 890 m ein grobkörniger, ca. 50 cm mächtiger Sandstein mit Muschelresten, die aber zum grössten Teil aufgelöst und schlecht erhalten sind. Immerhin konnten folgende Genera unterschieden werden:

*Tapes* spec. indet.,  
*Mastra* spec. indet.,  
*Pecten* spec. indet.

Diese Fossilfundstelle liegt ca. 100 m über der Burdigalien-Helvétien-Grenze. Etwas weiter südlich, im Bächlein nördlich von Kalchstätten, stösst man auf Kote 920 m westlich Boden auf eine ca. 2,50 m mächtige Kalknagelfluhbank. Es handelt sich offenbar um die im Gebiet zwischen Gürbe und Sense stratigraphisch tiefste Kalknagelfluh des Helvétien. Bezeichnend sind die kleinen Gerölle, die die Nussgrösse nicht überschreiten. Die für dieses Gebiet typische grobgeröllige Ausbildung setzt erst mit der Kalchstätter Nagelfluh ein. Über diesem Konglomerat folgen in gewohnter Weise Sandsteine und Mergel. Eine Aufnahme des Profils bis zur Basis der Kalchstätter Nagelfluh ist in diesem Gebiet wegen Verdeckung nicht möglich.

Die Ausbildung des unteren Abschnittes des Helvétien in der Senseschlucht erinnert stark an das Burdigalien. Einlagerungen von harten blaugrauen Mergelschiefern treten im Gegensatz zum unteren

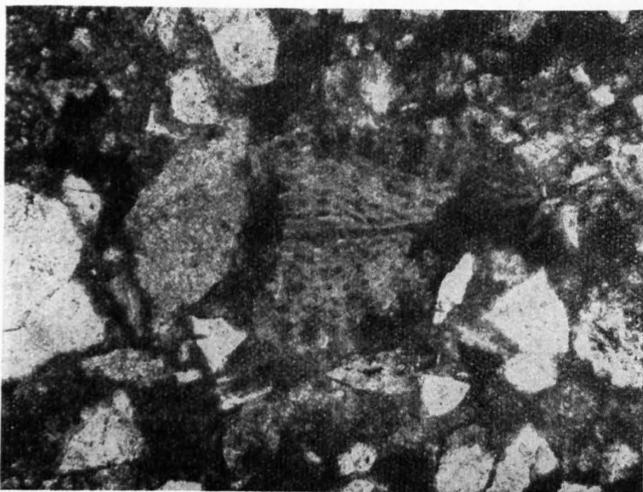


Fig. 7. Dünnschliffbild des Bindemittels der Helvétien-Kalknagelfluh von Grubenboden bei Milken.

Mit einem Fragment einer aufgearbeiteten *Discoeyclina*. Schliff N. 357.  
(Vergr. 52×).  
(Vgl. S. 23, unten.)

Helvétien des Schwarzwassers (vgl. RUTSCH, Lit. 73) eher zurück. Über dem oben beschriebenen fossilführenden Sandstein an der Basis des Helvétien, der ausser Muscheltrümmern keine bestimmbareren Fossilien enthält, folgen auf eine weite Strecke gegen S massige, dickbankige neutralgraue Sandsteine mit zwischengelagerten Schiefermergeln. Erst bei Koord. 589 325/179 250 westlich Halten stossen wir auf eine mehrere Meter mächtige bläuliche Mergelschicht mit zahlreichen Steinzyklindern, die für das Helvétien typisch ist. Über diesen Mergeln folgen wieder massige Sandsteine mit Mergelschiefern, die nun gegen S zu mächtiger werden.

Nördlich der Guggersbachbrücke, bei Koord. 589 550/179 100 beobachten wir an der rechten Schluchtwand schwach nach SE einfallende Sandsteinschichten mit Wabenverwitterung und ?Alaunablühungen. In diesem Sandsteinfand sich ein Zähnchen von einem Rochen (?*Trygon*). Im untersten 0—20 cm mächtigen Teil

dieser Sandsteinbank sind zentimetergrosse eckige Hornsteine und Quarzsplitter eingestreut. Diese Miniaturnagelfluh enthält zahlreiche, meist kleine, rohe Abdrücke von *Tapes*, *Cardium* und *Mastra*. Als Liegendes dieser Fossilschicht folgen ca. 2 m mächtige, harte blaue Sandmergelschiefer, die sich durch einen auffallenden Reichtum an problematischen Fossilspuren auszeichnen.

Von diesen problematischen Bildungen sind in erster Linie die Steinzyklinder zu nennen. Sie sind hier kolonieartig schräg aneinander gereiht und reichen mit ihren oberen Enden in die Basis des «*Trygon*-Sandsteins». Das untere Ende ist sanft gebogen. Länge und Durchmesser sind mit 15—20 cm bzw. 1,5—2 cm bei allen ungefähr gleich. Die Röhrenfüllung unterscheidet sich vom umgebenden Mergel sowohl makroskopisch als auch mikroskopisch durch ihre hellere und gröbere Körnung, stimmt dagegen mit dem hangenden «*Trygon*-Sandstein» überein. In einem Dünnschliff durch einen Steinzyklinder fand sich neben reichlichem Glaukonit eine nicht näher bestimmbare *Rotalia*, während in einem Schliff der Sandmergel ein Lithothamnienfragment beobachtet wurde. Diese Röhren, die zum Teil Querrillung aufweisen, könnten eventuell als *Arenicola*-Wohnröhren gedeutet werden, ähnlich wie sie HÄNTZSCHEL (Lit. 41) aus dem Wattengebiet beschrieben hat.

Im weiteren fallen die kreuz- und querverlaufenden Kriechspuren auf. Ein kräftig segmentiertes Gebilde erinnert stark an die von ABEL (Lit. 1) beschriebene Pinsdorfer Versteinerung aus dem Oberkreide-Flysch von Gmunden (Oberösterreich).

Im ganzen unteren Abschnitt des Helvétien der Senseschlucht bis zur Guggersbachbrücke sind keine Nagelfluhbildungen angetroffen worden. Die erste Kalknagelfluh, die in das Sensebett eintaucht, findet sich erst weiter im S, südlich der Fallvorsassli-Antiklinale.

Die Mächtigkeit dieses unteren Abschnittes, gemessen von der Helvétien-Basis bis zur Basis der Kalchstätter Nagelfluh ergibt im Gebiet des Niederriedgrabens, und bei Eisengruben rund 250 m.

### Der mittlere Abschnitt des Vindobonien (II)

Diese mit der Kalchstätter-Nagelfluh beginnende Schichtfolge ist am besten am Nordhang des Guggisberger Massivs zu studieren, obwohl sie auch hier nirgends durchgehend aufgeschlossen ist. Der Verlauf der hier ca. 60 m mächtigen Kalchstätter-Nagelfluh wurde bereits auf S. 22 beschrieben. Ihre Lithologie wird zusammen mit derjenigen anderer Nagelfluhschichten dieses Gebietes in einem speziellen Abschnitt behandelt werden.

Über der Kalchstätter Nagelfluh, die durch Sandsteineinlagerung gedoppelt auftreten kann (so z. B. beim Sattel P. 1019 m westlich Kriesbaumen), folgen bis zur nächsthöheren Nagelfluhbank grau-grüne Sandsteine und bläuliche Mergel in einer Mächtigkeit von ca. 50 m. Diese Schichtfolge enthält in ihrem oberen Teil eine reichhaltige Fossilbank. Im Bächlein unterhalb Lonjescheuer (im folgenden Lonjebächlein genannt) ist das folgende Profil durch diese Sandstein- und Mergelserie aufgeschlossen:

Oben	Kalknagelfluh . . . . .	ca. 6 m
	Schutt. . . . .	ca. 7 m
	Mergelige Sandsteine . . . . .	x + 5 m
	Fossilschicht. . . . .	0,50 m
	Mergelige Sandsteine . . . . .	ca. 10 m
	Kalknagelfluh . . . . .	0,50 m
	Sandstein, plattig, glaukonitisch . . . . .	25 m
	Blaue, schiefrige Mergel . . . . .	ca. 5 m
Unten	Kalchstätter Nagelfluh . . . . .	ca. 60 m

Der arten- und individuenreiche Fossilhorizont lässt sich in diesem Gebiet über eine Strecke von ca. 3 km verfolgen. Der östlichste Aufschluss steht am alten Riffenmattweg im Moosholz oberhalb Ober-Gauggenberg auf Kote 1035 an (vgl. RUTSCH, Lit. 73). Weitere Ausbisse des Horizontes finden sich im Graben zwischen Sonnhalden und Bärenholz (Koord. 593 925/181 400) auf Kote 1030 und östlich Pfadscheuer, am Steilhang gegen Ober-Pfadscheuer und im Quellaustritt auf Kote 1020 (vgl. Tafel I und Fig. 6, S. 22).

Vom Lonjebächlein aus gegen W konnte er nicht mehr nachgewiesen werden, es ist aber wahrscheinlich, dass er im Büzerenwald westlich Kalchstätten über der mächtiger werdenden Kalchstätter Nagelfluh auskeilt.

Die Fossilien sind in zähen, bläulichen Kalkmergeln regellos eingebettet, die Muscheln weisen in der Mehrzahl doppelklappige Individuen auf.

Folgende Genera und Species konnten bestimmt werden:

#### Pelecypoda

##### *Arca (Anadara) cf. fichteli* DESHAYES

1928. *Arca (Anadara) Fichteli* DESH. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 154, Taf. IX, Fig. 44.

Es liegen zwei relativ gut erhaltene Exemplare mit freiliegender Bandarea vor.

Fundort: Pfadscheuer. In der Umgebung von Bern findet man sie am Belpberg.

##### *Pecten hornensis* DEPÉRET & ROMAN

1928. *Pecten Hornensis* DEP.-ROM. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 106, Taf. III, Fig. 5.

Es liegen nur Bruchstücke vor.

Fundort: Pfadscheuer, Moosholz.

*Chlamys (Flexopecten) palmata* (LAMARCK)

1928. *Chlamys (Flexopecten) palmata* LAMARCK. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 110.  
1939. *Chlamys palmata* LAMARCK. ROGER, Le genre *Chlamys* dans les formations néogènes de l'Europe. S. 71, Taf. III, Fig. 3—5, 7, Taf. IV, Fig. 3—10.

Fast flaches Gehäuse mit glatten, gegen den Pallealrand rasch breiter werdenden Rippen. Ohren mit feinen Radialstreifen.

Fundort: Pfadscheuer und Lonjebach. RUTSCH zitiert neben Imi auch Kilchhalten bei Guggisberg. Sehr selten.

*Diplodonta rotundata* (MONTAGU)

1928. *Diplodonta rotundata* MONTAGU. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 150, Taf. IX, Fig. 42.

Gut erhaltener, ziemlich kräftig gewölbter Skulptursteinkern. *Diplodonta rotundata* wurde in unserem Gebiet nur einmal gefunden.

Fundort: Pfadscheuer. Nach RUTSCH (Lit. 70) findet man sie recht häufig am Belpberg und Imihubel.

*Cardium (Cerastoderma) cf. edule* LINNÉ

1928. *Cardium (Cerastoderma) edule* L. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 147, Taf. IX, Fig. 38.

Neben *Tapes* stellen Cardien das Hauptkontingent der Mollusken. Oft bestehen grössere Mergelblöcke aus zusammengeschwemmten Cardien. Man findet sowohl einklappige als auch zweiklappige Exemplare. Ihre Grösse variiert sehr stark.

Fundorte: Lonjebach, Pfadscheuer, Moosholz. Ferner in einem stratigraphisch tieferen Niveau im Schluchtholz bei Milken.

*Cardium (Trachycardium) multicoatum* BROCCHI

1928. *Cardium (Trachycardium) multicoatum* BROCCHI. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 146, Taf. IX, Fig. 37.  
1931. *Trachycardium multicoatum* BROCCHI. GERBER, Zur Stratigr. und Tektonik der subalp. Mol. von Rüscheegg. Mitt. Natf. Ges. Bern. 1931, S. 71.

Die in mehreren Exemplaren vorhandenen Steinkerne sind meist stark beschädigt. Die Gestalt und die zahlreichen Rippen erlauben aber eine sichere Zuweisung.

Fundorte: Pfadscheuer, Schluchtholz. Häufig findet man sie am Belpberg und Imi.

*Meretrix (Cordiopsis) intercalaris* COSSMANN & PEYROT

1928. *Meretrix (Cordiopsis) intercalaris* COSSM. & PEYROT. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 141, Taf. VIII, Fig. 34.  
1931. *Meretrix intercalaris* COSSM. & PEYROT. GERBER, Zur Stratigr. und Tektonik der subalp. Mol. von Rüscheegg. Mitt. Natf. Ges. Bern. 1931, S. 71.

Im Gegensatz zu den «Petrefaktenlagern» am Belpberg und zu den Fundstellen von Wyssbachgraben und Kräyeren (vgl. GERBER, Lit. 32), wo *Meretrix intercalaris* neben *Tapes* die häufigste Muschel ist, tritt sie in unserem Fossilhorizont nur vereinzelt auf. Häufiger findet man sie in der Fundstelle im Schluchtholz.

*Chione (Ventricoloidea) cf. multilamella* (LAMARCK)

1928. *Chione (Ventricoloidea) multilamella* LAMARCK. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 139, Taf. VII, Fig. 32.

Aus dem Fossilhorizont von Pfadscheuer stammen zwei Skulptursteinkerne mit konzentrischen, weit voneinander getrennten Lamellen, die möglicherweise zu *Ch. multilamella* gehören.

Fundorte: Pfadscheuer und Moosholz südlich Milken. RUTSCH erwähnt sie von der Fossilfundstelle bei Kilchhalten unterhalb Guggisberg.

*Tapes (Callistotapes) vetulus* (BASTEROT)

1928. *Tapes (Callistotapes) vetulus* BASTEROT. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 138, Taf. VII, Fig. 31.  
1931. *Tapes vetulus* BASTEROT. GERBER, Zur Stratigr. und Tektonik der subalp. Mol. von Rüscheegg. Mitt. Natf. Ges. Bern. 1931, S. 74.

Häufigste Molluskenart im Untersuchungsgebiet, wie im bernischen Helvétien überhaupt. Deformierte Exemplare sind häufig. Auf den Skulptursteinkernen sind oft Serpulen zu beobachten.

Fundorte: Pfadscheuer, Lonjebächlein, Bärenholz, Moosholz.

*Eastonia rugosa* (GMELIN)

1928. *Eastonia rugosa* GMELIN. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 129, Taf. VII, Fig. 24.  
Vereinzelt Exemplar, oval, ziemlich gewölbt, mit feinen, radialen Streifen.  
Fundort: Pfadscheuer. RUTSCH zitiert als Fundstellen Belpberg, Imi und Häutligen.

*Lutraria cf. oblonga* (GMELIN)

1928. *Lutraria oblonga* GMELIN. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 128, Taf. VI, Fig. 23.  
Die von mir gefundenen Exemplare lassen keine genaue Bestimmung zu. Vergleiche mit *L. oblonga* und *L. sanna* sprechen eher für die erstgenannte Form.  
Fundorte: Pfadscheuer. Auch im Schluchtholz bei Milken.

*Tellina (Peronaea) planata* LINNÉ

1928. *Tellina (Peronaea) planata* LINNÉ. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 131, Taf. VII, Fig. 25.  
Die nicht sehr gut erhaltenen Exemplare fanden sich bei Pfadscheuer und im Moosholz. Häufiger tritt *Tellina* im Schluchtholz auf. In der Umgebung von Bern kennt man sie vom Belpberg und Imi.

*Panope menardi* (DESHAYES)

1928. *Glycymeris Menardi* DESHAYES. RUTSCH, Geol. Belpberg, S. 121, Taf. VI, Fig. 18.  
1931. *Glycymeris Menardi* DESHAYES. GERBER, Zur Stratigr. und Tektonik der subalp. Mol. von Rüscheegg. Mitt. Natf. Ges. Bern 1931, S. 70.

Für die Genusbezeichnung *Panope* MÉNARD, 1807, an Stelle von *Glycymeris* LAMARCK, 1799, verweise ich auf den «Catalogue of the marine Pliocene and Pleistocene Mollusca of California» von U. S. GRANT & H. R. GALE (Mem. San Diego Soc. Nat. History, Vol. I, 1931, S. 423).

Fundorte: Pfadscheuer und Schluchtholz. Selten.

Neben diesen spezifisch bestimmbar Muscheln fanden sich folgende Gattungen, die keine nähere Bestimmung zulassen:

*Pinna*, spec. indet.,  
*Lima*, spec. indet.,  
*Ostrea*, spec. indet.,  
*Pholas*, spec. indet.

Die im übrigen Gebiet von Guggisberg häufig auftretende *Ostrea gryphoides* SCHLOTH. kommt im Fossilhorizont von Pfadscheuer selbst nicht vor.

### Gastropoda

*Dorsanum cf. baccatum* (BASTEROT)

1929. *Dorsanum baccatum* BAST. RUTSCH, Die Gastropoden des subalp. Helvétien d. Schweiz und des Vorarlbergs. S. 27, Taf. I, Fig. 17—19.

Von den Gastropoden liess sich einzig die oben aufgeführte Art spezifisch bestimmen. Sie liegt in zwei relativ gut erhaltenen Exemplaren vor und stammt mit den folgenden Genera aus der Fossilfundstelle von Pfadscheuer:

*Turritella*, spec. indet.,  
*Natica*, spec. indet.,  
*Murex*, spec. indet.

Murexfunde gehören in der gesamten bernischen Meeresmolasse zu den Seltenheiten. Die häufigsten Gastropoden im Fossilhorizont von Pfadscheuer sind die Naticiden. Sehr selten ist eigenartigerweise *Turritella*, während sie am Belpberg und Imi massenhaft auftritt.

### Pisces

Es handelt sich um eine sechsseitige Mahlplatte, die offenbar zu  
*Rhinoptera cf. studeri* L. AGASSIZ, 1838,  
gehört, sowie um

*Chrysophrys molassicus* QUENSTEDT.

Beide Wirbeltierreste stammen ebenfalls aus dem Fossilhorizont von Pfadscheuer.

Die Dünnschliffe dieser Mergel zeigen neben vereinzelt Glaukonitkörnern und Schalenrümern folgende Foraminiferen (Fig. 8):

<i>Quinqueloculina</i> , spec. indet.	} Schliff 347 aus Mergel der Fossilbank von Pfadscheuer
<i>Triloculina</i> , spec. indet.	
<i>Spiroloculina</i> , spec. indet.	
<i>Textularia</i> , spec. indet.	

Die gesamte Fauna hat demnach ausgesprochen marinen Charakter. Sämtliche Arten kommen auch in den «Petrefaktenlagern» der Belpberg-Schichten vor. Selten sind einzig die Turritellen, die am Längenberg und Belpberg so häufig auftreten. Eine Parallelisierung des Fossilhorizontes von Pfadscheuer mit der Zone der «Petrefaktenlager» südlich von Bern ist demnach wahrscheinlich.

In diesem Zusammenhang seien noch die Austernbänke von Thürli und Grubershaus auf Kote 930 südlich Guggisberg erwähnt<sup>1)</sup>. Die Fundstelle von Thürli liegt etwas östlich der Gehöfte auf einer Denudationsterrasse oberhalb Kapf; die andere ist am Weg von Grubershaus nach Brugi am Steilbord aufgeschlossen. Sie liefern gut erhaltene Exemplare von

*Ostrea (Crassostrea) gryphoides* SCHLOTHEIM

Diese Austernbank liegt stratigraphisch tiefer als der Fossilhorizont von Pfadscheuer. Eine genaue Horizontierung ist aber wegen der zunehmenden psephitischen Fazies im Gebiet südlich von Guggisberg nicht durchzuführen. Weitere Fossilfundstellen, die von GERBER (Lit. 31) und RUTSCH (Lit. 70) zitiert werden, finden sich unterhalb Kirchhalten und bei Hostetten, sowie im Faltenkern der Fallvorsassli-Antiklinale.

Über dem Fossilhorizont von Pfadscheuer folgen mindestens drei wechselnd mächtige Kalknagelflubbänke, die durch Mergel- oder Sandsteinschichten voneinander getrennt sind.

Diese Nagelfluhschichten des mittleren Abschnittes bilden mit ihren sanft gegen SE fallenden Schichtflächen Denudationsterrassen, die dem Landschaftsbild von Guggisberg das typische Gepräge geben. Es lassen sich nördlich des Guggershorns und des Schwendelbergs drei solcher Terrassen unterscheiden. In das Niveau der unteren Terrasse in 990—1020 m, die von der Schichtoberfläche der Kalchstätter-Nagelfluh gebildet wird, gehören die Hochebenen von Milkenschür, Kriesbaumen, Pfadscheuer, Unter-Zahmisholz, Mösli, Kalchstätten und Eigen. Das mittlere Niveau in 1060—1080 m umfasst die schwächer ausgebildeten Terrassen unterhalb Schweighäusern, Ober-Pfadscheuer und Zahmisholz. Der oberen Terrasse im Niveau 1100—1120 m gehören die Ebenen von Neuenmatt, Äbnit, Wahlenhaus, Hinterholz, Stöck und Hintermbergan (Fig. 9).

Als Hangendes der Nagelfluh von Wahlenhaus-Hintermberg folgt ein massiger, gelblicher, weicher Sandstein, der gegen oben grobkörnig und sehr hart wird und häufig Bruchstücke von Austernschalen enthält. Das Schliffbild dieses Gesteins unterscheidet sich von jenen der liegenden Molassesandsteine durch grobe, splittrige Komponenten, sowie durch das Fehlen von Foraminiferen. Auch konnte Glaukonit nicht mit Bestimmtheit nachgewiesen werden. Aufschlüsse dieses Austernsandsteins finden sich auf Kote 1130 m an den Wegen, die von Wahlenhaus zu den Schwendelbergweiden führen, und im Quellgebiet des Lonjebächleins. Noch besser ist er, allerdings faziell stark verändert, an der Strasse von Furen-

<sup>1)</sup> Herr GROSSRAT STALDER in Guggisberg hat mich in verdankenswerter Weise auf diese reiche Fundstelle aufmerksam gemacht.

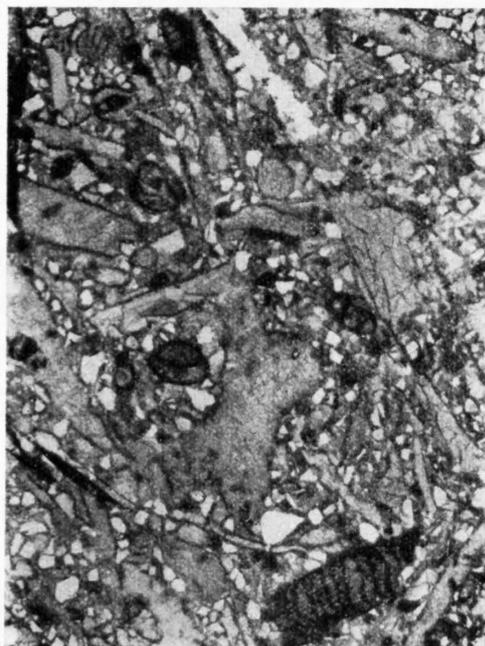


Fig. 8. Dünnschliffbild des fossilführenden Helvétien-Mergels von Pfadscheuer

Neben Trümmern von Molluskenschalen beobachtet man Algenreste und Milioliden (Schliff N. 347, Vergr. 28 ×)

holz nach Guggisberg zu beobachten. Zwischen Furenholz und Im Sand (P. 1100) steht nämlich massiger, gelblicher Sandstein an, der zwischen Im Sand und Guggisberg (P. 1118) in eine sandreiche, unruhig geschichtete und mehrheitlich kleingeröllige Nagelfluh übergeht, die zahlreiche Schalen von *Ostrea gryphoides* SCHLOTHEIM enthält. Dieses Konglomerat weist zum Unterschied zur liegenden Nagelfluh von Kalchstätten und Wahlenhaus und zur hangenden Guggershorn-Nagelfluh einen ausgesprochen polygenen Charakter auf. Seine genauere lithologische Beschreibung findet sich auf S. 36.

Diese austernführenden Schichten stellen den stratigraphisch höchsten Horizont mit marinen Fossilien im Gebiet von Guggisberg dar und sind zusammen mit dem liegenden Sandstein von Furenholz in einer Mächtigkeit von ca. 40 m ausgebildet.

Darüber folgen, im Quellgebiet des Lonjebächleins teilweise aufgeschlossen, weiche fein- bis grobkörnige Sandsteine, die in ihrem obersten Aufschluss auf P. 1170, unterhalb des Guggershorn-Sattels, in gelbliche und blaugrüne fast lehmartige Mergel übergehen. Auch in diesen Schichten könnten weder

Plaffeien Terrasse von Kalchstätten Terrasse von Wahlenhaus Guggershorn



Fig. 9. Die Denudationsterrassenlandschaft von Guggisberg, von Westen aus gesehen

In der Mitte links Plaffeien, rechts oben das Guggershorn. Die unteren zwei Terrassen werden von der Kalchstätten-Nagelfluh gebildet, die obere von der Wahlenhaus-Nagelfluh. Die mittlere Terrasse kommt hier nur undeutlich zum Ausdruck Phot. E. W. Stalder, Guggisberg.

Fossilien noch Glaukonit festgestellt werden; zudem unterscheiden sie sich in Farbe und Festigkeit stark von den bisher beschriebenen Schichten der marinen Molasse.

Diese Schichtfolge hält wahrscheinlich bis auf Kote 1220 m an; jedenfalls liegt die aufgeschlossene Basis der Guggershorn-Nagelfluh erst in dieser Höhe, und eine Einschaltung einer tieferen Nagelfluhbank zwischen diesen beiden Punkten ist im Gelände nicht nachzuweisen.

### Der obere Abschnitt des Vindobonien (?Tortonien)

Dieser obere Abschnitt wird durch die grobgeröllige Kalknagelfluh des Guggershorns und des Schwendelbergs gebildet, die auf S. 37 eingehend beschrieben ist. Möglicherweise handelt es sich bei diesem Konglomerat zusammen mit der eben beschriebenen Schichtfolge über dem Austernsandstein bereits um die Obere Süßwassermolasse. GERBER (Lit. 22) hat diese Frage schon früher aufgeworfen. Paläontologische Anhaltspunkte, die für oder gegen diese Annahme sprechen könnten, liegen bis heute nicht vor. Indessen dürften die lithologische Ausbildung

dieser Schichten und die Mächtigkeitsvergleiche des Helvétien mit derjenigen benachbarter Gebiete eine solche Annahme durchaus bestätigen.

Die beginnende Aussüssung des Miocænmeeres kommt mit dem Fehlen des Glaukonits bereits im Austernsandstein zum Ausdruck, und die hangenden Mergel und Sandsteine erinnern durch ihre Farbe und schlechte Verfestigung lebhaft an die von RUTSCH (Lit. 73) aus dem Gebiet der Giebelegg beschriebene Obere Süsswassermolasse.

Die Mächtigkeit des Helvétien erreicht von der Basis bis zum Austernsandstein rund 580 m. Würden die hangenden Schichten bis zum Gipfel des Guggershorns hinzugerechnet, so ergäbe sich eine Mächtigkeit von ca. 760 m. Im Gegensatz dazu ist nach RUTSCH das Helvétien im Gebiet des Blattes Rüeggisberg 375—400 m mächtig. Diese Diskrepanz, die wohl nur zum Teil auf die Mächtigkeitszunahme im Schuttfächer des Guggisberger Gebietes zurückzuführen ist, berechtigt anzunehmen, dass das Tortonien als Relikt die beiden Gipfel nördlich Guggisberg aufbaut.

### Beziehungen zu den Nachbargebieten

Auf die faziellen Unterschiede zwischen dem unteren Helvétien des Untersuchungsgebietes und des östlich anschliessenden Gebietes von Blatt Rüeggisberg wurde bereits auf S. 22 aufmerksam gemacht.

Die Ulmiz-Nagelfluh als Basis des Helvétien und die Fossilschicht, die nach RUTSCH (Lit. 73) ca. 100 m über der Ulmiz-Nagelfluh liegt, können im Gebiet des Schwarzwassers auf weite Strecken verfolgt werden, fehlen aber im Untersuchungsgebiet. Möglicherweise dürften das Quarzit-Nagelfluhband unterhalb Flühweid mit der Ulmiz-Nagelfluh und eine grobsandige Fossilbank im Niederriedgraben (Kote 890) mit der erwähnten Fossilschicht zu parallelisieren sein; die beiden Aufschlüsse lassen aber eine solche Parallelisierung nicht mit Bestimmtheit zu. Erst im höheren Helvétien stellen sich Horizonte ein, die für kürzere oder längere Strecken einen Zusammenhang zwischen dem Untersuchungsgebiet und dem Gebiet zwischen Schwarzwasser und Milken feststellen lassen. Der erste, ca. 150 m über der Helvétien-Basis einsetzende Kalknagelfluhhorizont, der sowohl im Gebiet des Blattes Rüeggisberg wie auch im Untersuchungsgebiet verfolgt werden kann, findet sich westlich Milken bei Grubenboden. Er zieht sich nördlich Milken im Schluchtholz gegen Halten und von dort über Wyden-Schulhaus bis Sandgruben. Im Liegenden dieser Nagelfluh haben wir eine reichhaltige Fossilbank im Wydengraben. Ihr dürfte wahrscheinlich die von RUTSCH (Lit. 70) zitierte Fundstelle oberhalb Zumholz entsprechen. Einen weiteren durchgehenden Nagelfluhhorizont bildet die Kalchstätter Nagelfluh, die sich südlich von Milken auf eine weite Strecke von Milkenschür über Hängelen gegen Osten verfolgen lässt. Hingegen konnten im Untersuchungsgebiet die Kalknagelfluh von Milken-Hänseli im Liegenden der Kalchstätter-Nagelfluh östlich von Milken und der Fossilhorizont von Schluchtholz (vgl. RUTSCH, Lit. 73) nicht mehr nachgewiesen werden.

Bedeutendere Unterschiede treten aber bereits im Gebiet der Giebelegg auf. Die tiefste Kalknagelfluh vom Guggisberger Typus setzt hier erst ca. 350 m über der Basis des Helvétien ein. Das Liegende besteht aus einer Wechselfolge von Mergeln und Sandsteinen, denen einige Fossilbänke und Quarzitnagelfluhbänder eingeschaltet sind. Unmittelbar unter dieser Kalknagelfluh (= Fehli-Nagelfluh, vgl. RUTSCH, Lit. 73) sind von GERBER (Lit. 32) Steinkerne von Land- oder Süsswasserschnecken gefunden worden, so dass vermutlich die Süsswasserfazies bereits hier eingesetzt hat. Auf Grund dieser Funde und der Änderung des Gesteinscharakters (gelbe und rötliche Mergel im Hangenden der Fehli-Nagelfluh) stellt GERBER (Lit. 32) diese Schichten in die Obere Süsswassermolasse. RUTSCH (Lit. 73) schliesst sich dieser Auffassung an, lässt aber allerdings die Frage offen, ob es sich um limmisches Helvétien oder bereits um Tortonien handelt. Die Fehli-Nagelfluh dient ihm als Grenze zwischen Helvétien und ? Tortonien.

Die geologischen Verhältnisse der weiter östlich gelegenen Bütschelegg nähern sich, wie wir weiter unten sehen werden, jenen des Belpbergs. Als oberstes Schichtglied ist hier die Sädel-Nagelfluh als Relikt vorhanden. Das Liegende bildet der Muschelsandstein, der seinerseits von der «Zone der Petrefaktenlager» unterlagert wird. Ebenso setzen sich die tieferen Schichten in diesem Gebiet wie am Belpberg aus einer Wechselfolge von Mergeln und Sandsteinen mit Quarzitnagelfluhbändern und Fossilbänken zusammen.

Vergleichen wir den geologischen Aufbau dieser drei Gebiete, so stellen wir fest, dass die an der Giebelegg aufgeschlossene limnische Fehli-Nagelfluh stratigraphisch bedeutend tiefer liegt, als der bei Guggisberg anstehende Austernsandstein oder der Muschelsandstein der Bütschelegg. Die Zuweisung der an der Giebelegg über der Fehli-Nagelfluh aufgeschlossenen Schichten zum Tortonien wird dadurch fraglich. Viel eher dürfte es sich hier um eine limnische Ausbildung des Helvétien handeln.

Gewisse Ähnlichkeiten können zwischen dem Gebiet von Guggisberg und dem Belpberg festgestellt werden. Auf die paläontologische Übereinstimmung des Fossilhorizontes von Pfadscheuer mit der «Zone der Petrefaktenlager» des Belpbergs und Längenbergs ist bereits auf S. 28 hingewiesen worden. Die «Petrefaktenlager» am Belpberg enthalten aber mehrere übereinanderfolgende Fossilhorizonte und reichen durchwegs bis zur Basis des Muschelsandsteins, während sich in unserem Gebiet einige + mächtige Nagelfluhbänke einschalten. Der Muschelsandstein, der eventuell dem Guggisberger Austernsandstein entsprechen könnte, wird am Belpberg direkt von der Sädel-Nagelfluh überlagert, hier aber trennen fast 100 m mächtige Sandstein- und Mergelschichten den Austernsandstein von der Guggershorn-Nagelfluh. Obwohl daher auch im Guggisberger Gebiet ähnliche Horizonte wie am Belpberg auftreten, erlauben uns diese Unterschiede keine strikte Parallelisierung.

Als westliche Fortsetzung des Guggisberger Helvétien kennen wir schon lange die reichhaltigen Fossilfundstellen von Montévraz und Combert südlich von Freiburg. Zwischen der Sense und diesem Gebiet ist die marine Molasse meist durch Quartärablagerungen überdeckt; Aufschlüsse von vindoboner Nagelfluh finden sich an den Ufern der Aegera unterhalb Plasselb. Neuerdings gelang es Herrn E. W. STALDER, Guggisberg, eine Austernfundstelle im Helvétien bei Haltli oberhalb Plaffeien zu entdecken.

## B. Sedimentpetrographische Untersuchungen

### 1. Die Guggisberger Nagelfluh

Die Nagelfluh des Guggisberger Schuttfächers war bereits früher Gegenstand wiederholter Erörterungen.

BERNHARD STUDER (Lit. 78) widmete ihr in seiner «Monographie der Molasse» einen ausführlichen Abschnitt und erkannte bereits die Unterschiede in der Geröllführung gegenüber der Emmentaler Nagelfluh. Nach einer eingehenden Beschreibung des Bindemittels, der Grösse und der Form der Gerölle unterschied er solche nördlicher, südlicher und unbekannter Herkunft.

GILLIÉRON (Lit. 36) hebt hervor, dass die Gerölle in der Mehrzahl aus Flyschsandsteinen bestehen, während dunkle Kalke der «innern Ketten» recht spärlich seien. Die seltenen Granite mit den grünen und roten Feldspäten erinnern stark an die Breccien der Berra.

FRÜH (Lit. 18) kannte die Guggisberger Nagelfluh nicht aus eigener Anschauung. Die Beschreibung in seiner Preisschrift ist von STUDER und GILLIÉRON übernommen worden.

Nach H. KURBERG (Lit. 51) finden sich in der Guggisberger Nagelfluh neben sedimentären und kristallinen Geröllen 12 % Molassegerölle, eine Behauptung, die, wie wir weiter unten sehen werden, den Tatsachen aber nicht entspricht. Seither sind einige Angaben durch GERBER (Lit. 29) und RUTSCH (Lit. 70) publiziert worden.

### Die Geröllführung

Die Guggisberger Nagelfluh besitzt nicht jene Mannigfaltigkeit in den Gesteinsarten, wie wir sie beispielsweise aus dem Emmentaler- oder gar Hörnli-Schuttfächer kennen. Sie besteht überwiegend aus Flyschsandkalken und Flyschsandsteinen; Kalke oder Dolomite treten ganz untergeordnet auf. Erheblichen Anteil an der Geröllzusammensetzung haben stellenweise kristalline Gerölle, insbesondere Quarzite. Es handelt sich dabei wahrscheinlich um randliche Überschneidungsphänomene des Emmentaler- und Guggisberger-Schuttfächers.

Die nachfolgenden Geröllzählungen, die nach der auf S. 15 erwähnten Methode durchgeführt wurden, stammen, wie aus den beigelegten Tabellen ersichtlich ist, aus verschiedenen Nagelfluhorizonten. Vorangehend werden einige typische Geröllarten kurz beschrieben, die aus verschiedenen Aufschlüssen des Schuttfächers stammen.

### 1. Flyschsandkalk

Feinkörniger, äusserst zäher Kalksandstein von braungelber Farbe, oft mit bläulichem Kern. Häufigste und typische Komponente der Guggisberger Nagelfluh. Aus dieser Gesteinsart bestehen fast alle grossen Gerölle. Im oberen Teil des Schuttfächers erreichen sie gelegentlich eine Grösse von fast einem Meter und sind allgemein gut gerundet.

Schliffbild N. 7: Feinkörniger Kalksandstein mit feinen, splitterigen Quarzkörnern und dunkler, leicht verkieselter Grundmasse; vereinzelt Glaukonitkörner, Foraminiferen- und Bryozoenreste und Algenbruchstücke.

Über die Herkunft besteht noch keine Klarheit. *STUDER* (Lit. 78) hat diese Geröllart bereits beschrieben und stellt sie in die Kategorie der Gerölle unbekannter Herkunft. *RUTSCH* (Lit. 70) erwähnt sie als Typgestein der Sädel-Nagelfluh am Belpberg und an der Bütschelegg. Nach *LIECHTI* (Lit. 53) und *TANNER* (Lit. 81) ist sie ebenfalls im Emmentaler- bzw. Hörnli-Schuttfächer anzutreffen; nach *RENZ* (Lit. 69) stellt sie in der Sommersbergzone im Appenzellerland, ebenfalls grobblockig, das Hauptkontingent der miocaenen Nagelfluh.

Fundorte: Im gesamten Schuttfächer, Niederriedgraben (tiefste Bank im Schuttfächer) bis Gipfel des Guggershorns.

### 2. Flyschsandsteine

Graugelber, oft bläulicher Sandstein. Quarzreich mit gut ausgebildetem Bindemittel.

Schliffbild N. 20: Überwiegend grobkörniger, eckig-splitteriger Quarz. Stellenweise gut kristallines kalzitisches Bindemittel. Vereinzelt Feldspäte und Kalkkomponenten. Massenhaft Lithothamnien, einzelne Discocyclinen.

Quantitativ ebenfalls stark hervortretend. Der Vergleich mit dem Flysch der Sattelzone und Externzone zeigt vorzügliche Übereinstimmung.

Fundorte: Im gesamten Schuttfächer.

### 3. Flyschkonglomerat

In graugelbem Bindemittel sind z. T. gut gerollte Quarz-, Kalk- und ?Dolomit-Geröllchen eingebettet. Dieses Konglomerat stimmt mit dem Flyschkonglomerat der Simmendecke (Weissenburg-Flysch, vgl. *TSCHACHTLI*, Lit. 85) sehr gut überein.

Fundorte: Guggershorn, Kalchstätter Nagelfluh.

### 4. Polygene Flyschbreccie

Mittelkörnige Flyschbreccie mit reichlich Quarz. Die Komponenten sind z. T. gut gerundet, z. T. eckig. Quarz in glasklaren, rötlichen und grünen Varietäten. Kalk- und Dolomittrümmer, Grünsteinfragmente. Discocyclinen und Nummuliten sind teilweise von blossem Auge erkennbar, desgleichen stechen grosse Lithothamnien durch ihre porzellanartige Ausbildung stark hervor.

Schliffbild N. 26: Kalzitisches Bindemittel, z. T. fein-mikrokristallin, z. T. grobkristallin mit deutlicher Zwillings- und Gitter-Lamellierung. Darin eingelagert: Verzahnte Quarzaggregate, klare, z. T. korrodierte Quarzkörner und Quarzitfragmente. Stark angewitterter Plagioklas mit Albit-Lamellierung, Variolith-Individuen mit eingelagertem Kalzit. Oolithischer Kalk mit Globigerinen und Milioliden. Im Bindemittel sehr grosse Lithothamnien, einige Discocyclinen, Milioliden und Textularien. Vereinzelt Glaukonitkörner. Dieses Gestein stimmt nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. K. *ARBENZ* mit dem ultrahelvetischen Flysch der Sattelzone oder der Externzone sehr gut überein.

Fundstelle: Kalchstätter Nagelfluh (Staatsgrube).

### 5. Breccie

Mit eisenschüssigem Bindemittel. Grobe, eckige Komponenten: Tithonkalk mit Calpionellen, Echinodermen-Bruchstücke, oberkretazische Kalke mit *Globotruncana* spec. indet., Kalke mit Lithothamnien.

Herkunft unbestimmt. Möglicherweise handelt es sich um eine Flyschbreccie, deren Bindemittel erst nachträglich lateritisch verfärbt wurde.

Fundort: Staatsgrube bei Kalchstätten.

### 6. Radiolarit-Breccie

Dichter, erzhaltiger, brecciöser Hornstein von rotbrauner Farbe mit blauweissen Jaspisschlieren und gelb angewitterten Erzanhäufungen (Limonit). Vereinzelt gut erhaltene Radiolarien. H. GRUNAU erwähnt ähnliche Radiolarit-Breccien aus der Simmendecke.

Fundort: Staatsgrube Kalchstätten.

### 7. Trümmermarmor

Dieses, allgemein unter der Bezeichnung Arzo-Lias bekannte rotfleckige Gestein wird von RUTSCH (Lit. 70) aus der Sädel-Nagelfluh und von RENZ (Lit. 69) aus der Sommersbergzone angeführt. Makroskopisch sind die bald rötlichen, bald gelblichen Komponenten in ihrem dunkelrosaroten Bindemittel schlecht unterscheidbar. Die Dünnschliffuntersuchung (Schliff N. 22) zeigt in den grauroten Kalkkomponenten neben Globigerinen und Spongiennadeln Calpionellen. Liasisches Alter kommt somit für dieses Gestein gar nicht in Frage. Nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Prof. CADISCH handelt es sich wahrscheinlich um eine Couches rouges-Breccie der Klippendecke. Es wird somit zu prüfen sein, ob alle bis dahin in der Literatur als liasisch bezeichneten bunten Kalkgerölle ebenfalls aus oberkretazischen Horizonten stammen.

Fundort: Hänseli, Kalchstätter Nagelfluh und Guggershorn.

### 8. Gelber Kalk-Oolith

Typischer Oolith mit klarem, durchsichtigem Basalzement. Führt neben Milioliden *Coscinoconus elongatus* LEUPOLD und *Coscinoconus alpinus* LEUPOLD. Alter: Untere Kreide. Herkunft unbestimmt. TERCIER (Lit. 82) beschreibt einen ähnlichen Oolith aus dem Wildflysch der Berra.

Fundort: Hänseli.

### 9. Dichter, heller, grauer Kalk mit kleinen, dunklen Flecken

Vergleichbar mit dem ultrahelvetischen Leimern-Kalk der Sattelzone. Dieses Gestein bildet mit ca.  $\frac{1}{2}$  m<sup>3</sup> das grösste Geröll im Schuttfächer.

Fundort: Guggershorn, Hänseli, Kalchstätter-Nagelfluh.

### 10. Dichter, weissgelber Kalk (Biancone-Typus)

Schliffbild ähnlich dem unteren Kimmeridgien des Südhelvetikums. Voll Spongiennadeln, filzige Struktur. Herkunft unbestimmt. Nach CADISCH handelt es sich wohl nicht um einen südalpinen Kalk, sondern um einen ausgebleichten Jurakalk der Klippendecke.

Fundort: Im ganzen Schuttfächer.

### 11. Weisser Kalk mit Silexlagen

Typus Scaglia-Biancone. Herkunft unbestimmt.

Fundort: Hänseli.

### 12. Kieselkalk

Feinkörnig mit vereinzelt Schwammnadeln und Glaukonit. Alter wahrscheinlich Valanginien. Möglicherweise handelt es sich aber auch um einen kieseligen Flyschkalk aus dem Ultrahelvetikum.

Fundort: Im gesamten Schuttfächer.

### 13. Nummulitenkalk

Hellgraugelber, spätiger, organogener Kalk mit massenhaft Nummuliten und Discocyclinen.

Schliffbild N. 24: Typisch organogener Kalk. Krypto- und vorwiegend holokristalline, kalzitische, helle und z. T. getrübbte Grundmasse. Darin eingelagert massenhaft Discocyclinen, Nummuliten (? *Nummulina gallensis* HEIM), Bryozoen, Globigerinen, Milioliden etc. Der Schliff zeigt vorzügliche Übereinstimmung mit der von P. LIECHTI (Lit. 54) beschriebenen Nummulitenkalkbreccie aus den leimernartigen Schiefen der Rengg.

### 14. Molassesandstein

Einzelnes grösseres Geröll. Weicher, neutralgrauer Sandstein. Unterscheidet sich vom Bindemittel der Nagelfluh durch seine Farbe und Festigkeit. Alter und Herkunft sind unbestimmt, doch darf angenommen werden, dass es sich um oligocaene Molasse handelt.

Fundort: Hänseli.

### 15. Molassemergel

Vereinzelt Geröll. Graugelber Mergel. Er erinnert stark an die aquitanen Mergel. Herkunft wahrscheinlich ebenfalls aus der subalpinen Molasse.

Fundort: Hänseli.

### 16. Radiolarite

Rote Radiolarite mit stellenweiser Anhäufung von Radiolarien. Dunkle, grüne und gelbe Hornsteine. Herkunft wahrscheinlich aus der Simmendecke.

Fundorte: Überall im Schuttfächer.

### 17. Kristalline Gesteine

Die kristallinen Komponenten der Guggisberger Nagelfluh stimmen im wesentlichen mit jenen der Scherli-Nagelfluh überein. Es finden sich ähnliche grüne und rote Granite, exotische Granite, Porphyre und ophiolithische Gesteine. Für die nähere Beschreibung sei auf diesen Abschnitt (S. 16) verwiesen.

### 18. Quarzite

Unter dem Begriff «Quarzite» sind hier Gangquarze, braunrote bis helle Quarzsandsteine und Ölquarzite zusammengefasst. Im Guggisberger Schuttfächer sind die beiden erstgenannten stellenweise angehäuft. Ölquarzite treten nur untergeordnet auf; ihre Herkunft aus dem mittelostalpinen Flysch ist wahrscheinlich.

Ausserdem fanden sich auch Gerölle, die sich in ihrer Zusammensetzung vom Bindemittel schwer unterscheiden lassen, sowie gelbliche, spätige Kalkbreccien und andere helle, spätige Kalke.

## Tabellen zur Kennzeichnung der Guggisberger Kalknagelfluh

### 1. Hänseli (Schottergrube) westlich Milken (T. A. Rüeggisberg)

Stratigraphisch tiefer als Kalchstätter Nagelfluh

Geröllarten	Anzahl	Prozente	Grössenklasse				Form				Rundung					
			I	II	III	IV	k	st	fst	fl	1-5	6	7	8	9	
? Molassesandstein . . . . .	2	1	—	1	—	1	1	1	—	—	—	—	—	—	1	1
Nummulitenkalk . . . . .	1	+	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—
Flyschbreccie . . . . .	4	2	—	1	2	1	1	2	—	1	2	1	1	—	—	—
Flyschsandstein (grob- und feinkörnige Varietäten) . . . . .	38	19	—	14	16	8	17	6	1	14	7	8	10	9	4	—
Flyschsandkalk . . . . .	68	34	—	26	29	13	25	13	3	27	24	17	10	9	8	—
Roter Flyschsandstein . . . . .	1	+	—	—	1	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—
Glaukonitischer Sandstein . . . . .	1	+	—	—	—	1	—	—	—	1	—	1	—	—	—	—
Majolica- und Biancone-Kalktypen . . . . .	5	2	—	4	1	—	4	—	—	1	2	3	—	—	—	—
Oolithischer Kalk . . . . .	1	+	—	—	1	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Kieselkalk . . . . .	13	6	—	9	4	—	10	—	—	3	6	—	4	1	2	—
Roter Trümmermarmor und Fleckenkalke . . . . .	5	3	—	3	2	—	3	—	—	2	1	1	1	2	—	—
Radiolarite . . . . .	10	5	1	6	1	2	6	1	—	3	6	2	2	—	—	—
Dolomite . . . . .	2	1	1	1	—	—	2	—	—	—	2	—	—	—	—	—
? Buntsandstein (quarzreicher, rötlicher Sandstein) . . . . .	1	+	—	—	1	—	—	1	—	—	—	—	—	—	1	—
Quarzite . . . . .	48	24	—	22	19	7	25	9	—	14	15	16	8	1	8	—
Granit (helle) . . . . .	2	1	—	—	2	—	—	2	—	—	—	—	1	—	1	—
Atypisches Kristallin . . . . .	1	+	—	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Total	203	98	2	88	79	34	87	36	4	76	67	49	38	25	24	—

Präsenzzahl: 15 Flyschsandkalke und -sandsteine in der Grössenordnung von 300/200/150—380/300/250 mm. Flyschsandkalke und Flyschsandsteine >>> Quarzite > Kalke > Kristallin.

Bindemittel: Grobsandig, neutralgrau, sehr zähe.

Tektonisch beanspruchte Nagelfluhschicht mit prächtigen Gleitharnischen und zermalmt Geröllen.

#### Zeichenerklärung:

Form: k = kugelig st = stengelig fst = flachstengelig fl = flach  
 Grösse: I = bis 29 mm Ø II = 30—74 mm Ø III = 75—119 mm Ø IV = über 120 mm Ø  
 Rundung: 1 = schlechte Rundung 9 = beste Rundung

### 2. Schottergrube Milkenschür (Kalchstätter-Nagelfluh)

Geröllarten	Anzahl	Prozente	Grössenklasse				Form				Rundung					
			I	II	III	IV	k	st	fst	fl	1	5	6	7	8	9
Nummulitensandstein . . . . .	1	+	—	—	1	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Flyschsandstein . . . . .	29	15	—	14	10	5	7	3	2	17	7	9	9	2	2	—
Flyschsandkalk . . . . .	68	34	1	31	24	12	23	10	8	27	33	12	9	10	4	—
Glaukonitischer Sandstein . . . . .	1	+	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—
Kalke vom Biancone-Typus und gelbe Spatkalke . . . . .	4	2	—	1	2	1	3	1	—	—	1	3	—	—	—	—
Oolithischer Kalk . . . . .	1	+	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	1	—	—	—
Kieselkalk . . . . .	6	3	—	4	—	2	2	—	1	3	4	—	—	—	9	—
Radiolarite (und Hornsteine) . . . . .	10	5	—	9	—	—	10	—	—	—	10	—	—	—	—	—
Fleckenkalke und roter Trümmermarmor . . . . .	4	2	—	2	2	—	2	1	—	1	2	1	1	—	—	—
Quarzite . . . . .	71	35	—	57	13	1	26	9	7	29	10	15	19	12	15	—
Helle Granite . . . . .	3	2	—	2	—	1	2	—	—	1	1	—	1	1	—	—
Grüne Granite . . . . .	3	2	—	3	—	—	—	1	—	2	2	1	—	—	—	—
Rote Granite . . . . .	1	+	—	—	—	1	1	—	—	—	1	—	—	—	—	—
Total	202	100	2	125	52	23	77	25	18	82	72	41	41	25	23	—

Präsenzzahl: 24 in Klasse IV.

Grösste Gerölle: Flyschsandkalke 700/500/450 mm, 650/500/400 mm.

Rangordnung: Flyschvarietäten, Quarzite >>>>> Kalke > Kristallin. Bindemittel: Stark sandig, neutralgrau.

Fossilien: Bruchstücke von Pectenschalen.

### 3. Staatsgrube Kalchstätten (Kalchstätter-Nagelfluh)

Geröllarten	Anzahl	Prozente	Größenklasse				Form				Rundung				
			I	II	III	IV	k	st	fst	fl	1-5	6	7	8	9
Flyschsandsteine . . . . .	64	32	2	23	33	6	19	18	2	25	20	16	12	5	11
Flyschgrobsandsteine, z. T. Flyschbreccien . . . . .	5	3	—	3	2	—	4	1	—	—	—	—	1	2	2
Flyschsandkalke . . . . .	92	46	4	50	34	4	49	8	3	32	25	18	16	18	15
Biancone . . . . .	2	1	—	2	—	—	—	2	—	—	1	1	—	—	—
Gelbe, spätiige Kalke, z. T. brecciös . . . . .	12	6	—	7	5	—	10	—	—	2	7	1	1	2	1
Dichter, rosafarbiger Kalk mit Silexknollen . . . . .	1	+	—	—	1	—	—	—	—	1	1	—	—	—	—
Oolithische Kalke . . . . .	4	2	—	2	1	1	2	—	—	2	—	1	1	1	1
Kieselkalke . . . . .	5	3	—	5	—	—	1	2	—	2	2	—	1	2	—
Hornsteine . . . . .	4	2	—	3	1	—	1	—	—	3	4	—	—	—	—
Roter Trümmermarmor und Fleckenkalke	3	1	—	—	2	1	2	—	—	1	1	—	—	—	2
?Dolomit . . . . .	1	+	—	1	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—
Quarzite (und ein Ölquarzit) . . . . .	6	3	—	5	1	—	2	2	1	1	3	1	1	1	—
Grüner Granit und atypisches Kristallin	2	1	—	1	—	1	1	—	—	1	—	1	—	—	1
Total	201	100	6	102	80	13	92	33	6	70	65	39	33	31	33

Rangfolge: Flyschsandsteine und -sandkalke stark überwiegend.  
 Präsenzzahl: 21 in der IV. Größenklasse (hauptsächlich Flyschsandsteine und -sandkalke, ein heller Granit, ein Kieselkalk.  
 Grösste Gerölle: Flyschsandstein ca. 80/40/ x cm,  
 45/45/40 cm.  
 Bindemittel: Relativ feinkörnig, zäh, neutralgrau-rötlichbraun.  
 Fossilien: Rest von Pectenschale.

### 4. Austernnagelfluh von Guggisberg (Weg zum Schulhaus)

Geröllarten	Anzahl	Prozente	Größenklasse				Form				Rundung				
			I	II	III	IV	k	st	fst	fl	1-5	6	7	8	9
Flyschsandstein . . . . .	26	13	—	19	6	1	10	5	1	10	9	6	3	7	1
Flyschbreccien . . . . .	1	+	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—
Flyschsandkalk . . . . .	49	25	6	38	4	1	10	7	4	28	15	15	11	5	3
Roter Flyschsandstein . . . . .	1	+	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
Kalk vom Biancone-Typus . . . . .	9	4	1	8	—	—	4	3	—	2	5	2	1	1	—
Unbestimmbare Kalke, z. T. Kieselkalke	7	3	—	7	—	—	3	2	1	1	3	4	—	—	—
Oolithischer Kalk . . . . .	1	+	—	1	—	—	—	—	—	1	—	—	—	1	—
Radiolarite . . . . .	4	2	—	4	—	—	4	—	—	—	2	2	—	—	—
Quarzite (Gangquarze, Ölquarzite) . . . . .	36	18	8	22	6	—	16	7	3	10	26	5	3	1	1
Dolomite . . . . .	3	2	—	3	—	—	2	—	—	1	1	—	—	1	1
Granit mit grünem und rotem Feldspat	2	1	—	2	—	—	1	—	—	1	—	—	1	1	—
Grüne grobkörnige Granite . . . . .	9	5	1	6	2	—	5	—	1	3	2	—	4	3	—
Grüne feinkörnige Granite . . . . .	2	1	—	2	—	—	2	—	—	—	1	1	—	—	—
Helle Granite und Gneisse . . . . .	11	6	2	9	—	—	4	1	—	6	6	1	4	—	—
Rote Granite . . . . .	3	2	—	3	—	—	1	—	—	2	—	1	—	2	—
Porphyre . . . . .	5	2	2	3	—	—	2	—	—	3	5	—	—	—	—
?Ophiolithische Gesteine . . . . .	2	1	1	1	—	—	1	1	—	—	1	1	—	—	—
Atypisches Kristallin . . . . .	32	16	5	24	3	—	9	6	1	16	11	13	4	2	2
Total	203	101	26	154	21	2	74	33	11	85	87	52	31	25	8

Rangfolge: Kristallin, Flyschvarietäten > Quarzite > Kalke.  
 Präsenzzahl: 8 Kristallin-Gerölle der Klassen III und IV.  
 Bindemittel: Grobkörnig, sehr zähe, neutralgrau.  
 Fossilien: *Ostrea gryphoides* SCHLOTHEIM.

5. Guggershorn-Nagelfluh (Ostflanke des Hörnli)

Geröllarten	Anzahl	Prozente	Grössenklasse				Form				Rundung				
			I	II	III	IV	k	st	fst	fl	1-5	6	7	8	9
Flyschsandsteine (grob- und feinkörnig)	88	44	—	40	33	15	30	13	8	37	23	23	19	15	8
Flyschbreccien . . . . .	1	+	—	33	41	10	25	18	11	30	25	22	15	18	4
Flyschsandkalke . . . . .	84	42	—	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	—	
Glaukonitischer Sandstein . . . . .	1	+	—	—	1	—	1	—	—	—	—	1	—	—	
Roter Flyschsandstein . . . . .	2	1	—	1	1	—	—	2	—	—	2	—	—	—	
Biancone . . . . .	1	+	—	—	1	—	—	—	1	—	—	—	1	—	
Gelbe, spätige Kalke, z. T. brecciös . .	8	4	—	4	3	1	6	—	—	2	2	—	1	2	3
Dichter, grauer Kalk und oolithischer Kalk . . . . .	4	2	—	1	2	1	1	1	—	2	1	1	—	1	1
Kieselkalk . . . . .	7	3	—	6	1	—	6	1	—	—	1	3	2	1	—
Hornsteine (rote und grüne) . . . . .	4	2	—	3	1	—	4	—	—	—	4	—	—	—	—
Roter Trümmermarmor . . . . .	1	+	—	—	—	1	1	—	—	—	—	—	—	1	—
Heller Granit . . . . .	1	+	—	1	—	—	1	—	—	—	—	1	—	—	—
Total	202	98	—	89	84	29	75	35	20	72	59	51	38	38	16

Rangfolge: Flyschsandsteine, Flyschsandkalke >>> Kalke > Hornsteine.  
 Präsenzzahl: 35 Gerölle (alles Flyschvarietäten) in Klasse IV und grösser.  
 Grösste Gerölle: Dichter, rosagrauer Kalk 107/63/ca. 80 cm.  
 Flyschsandkalk 73/65/45 cm.  
 90/90/54 cm.  
 75/32/ x cm.

Bindemittel: Graugelblich, fein- und grobkörnig, hart.

Zur Erläuterung dieser Tabellen sei noch hinzugefügt, dass von den unter der Rubrik «Quarzite» aufgeführten Geröllen mindestens 50% als Gangquarze und somit als kristalline Komponenten zu gelten haben. In der graphischen Darstellung (Fig. 10) ist demgemäss der entsprechende Anteil der «Quarzite» dem Kristallin zugeteilt worden. Ausserdem sind in Fig. 10 sämtliche Kalke, Radiolarite, Hornsteine, Dolomite und Sandsteine, die sich von den übrigen Flyschgeröllen stark unterscheiden, zusammen mit den Sedimentär-Quarziten zu einer Gruppe zusammengefasst worden.

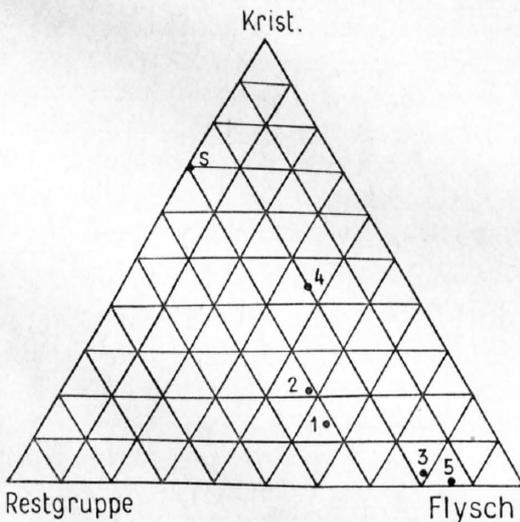


Fig. 10. Dreieckprojektion der Geröllarten in den verschiedenen Nagelfluhhorizonten

Hänseli = 1, Milkenschür = 2, Staatsgrube Kalchstätten = 3, Austernnagelfluh = 4, Guggershorn-Nagelfluh = 5, Scherli-Nagelfluh = 8

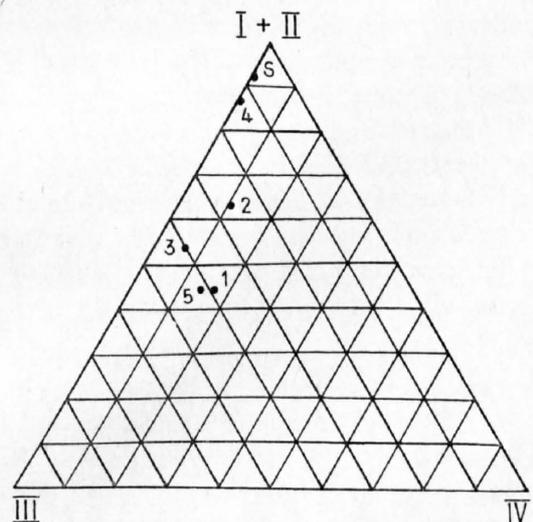


Fig. 11. Beziehung der Geröllgrösse zu den verschiedenen Nagelfluhhorizonten

I—IV = Grössenklassen der Gerölle  
 1—5 und 8 = Nagelfluhhorizonte wie in Fig. 10

Qualitative Geröllführung. Man ersieht aus diesen Tabellen und aus Fig. 10, dass mit Ausnahme der Austernnagelfluh (4) die Guggisberger Nagelfluh (1, 2, 3, 5) mengenmässig und — nach den Präsenzzahlen — besonders auch volumenmässig zur Hauptsache aus Flyschgeröllen besteht. Das Maximum stellt die Guggershorn-Nagelfluh (5). Während in den andern Aufschlüssen die Kalke noch relativ häufig sind (bis 30%), reduziert sich ihr Anteil in diesem Horizont auf 13%. Er enthält das grösste Geröll des Schuttfächers ( $\frac{1}{2}$  m<sup>3</sup>), das eigenartigerweise jedoch aus dichtem, grauem, fleckigem Kalk (ähnlich Leimern-Kalk) und nicht aus Flyschsandkalk besteht. Einen stärkeren kristallinen Einschlag beobachtet man in den Aufschlüssen von Hänseli mit 13,5% und Milkenschür mit 21% Kristallin-Anteil. Es handelt sich hier wohl, wie bereits angedeutet wurde, um eine randliche Überschneidung zwischen dem quarzitreicheren Emmentaler- und dem Guggisberger-Schuttfächer, denn im Zentrum unseres Schuttfächers treten Quarzite und Kristallin ganz erheblich zurück (Staatsgrube Kalchstätten 3% und Guggershorn 0%). Ein besonders starker Vorstoss durch Flußschüttung oder aber vielleicht eine marine Verdriftung mag diese Gerölle aus dem Emmentaler Delta hierher verfrachtet haben.

Trotz dieser lokal recht hohen Prozentwerte an Kristallin dürfen wir jedoch nicht von bunter Nagelfluh sprechen, denn dies widerspricht, wenigstens in volumenmässiger Beziehung, ganz dem Charakter der Guggisberger Nagelfluh.

In grossem Gegensatz zur liegenden und hangenden Kalknagelfluh (1, 2, 3, 5) steht die Austernnagelfluh (4). Der Kristallin-Anteil hält mengenmässig den beiden andern Gruppen die Waage und übertrifft sie — wie aus der Präsenzzahl ersichtlich ist — volumenmässig. Wir können uns diesen schroffen Gegensatz kaum anders erklären, als dass auch hier eine Überschneidung der beiden Schuttfächer ganz besonders zum Ausdruck kommt. Auch hier dürfen wir an Hand der Geröllgrössenstatistik im Unterschied zur liegenden und hangenden Kalknagelfluh auf einen bedeutend längeren Transportweg schliessen (vgl. Fig. 11).

In die graphische Darstellung Fig. 10 und 11 ist zu Vergleichszwecken auch die Scherli-Nagelfluh (vgl. S. 14) eingetragen worden. Die in Beziehung zu den anderen Nagelfluhen extreme Lage des burdigalen Basiskonglomerates zeigt deutlich ihren durchaus selbständigen Charakter in der Geröllführung (Fig. 10). Eine gewisse Beziehung ist höchstens mit der Austernnagelfluh festzustellen; eine Ähnlichkeit zeigen diese beiden Konglomerate auch in der Geröllgrösse (Fig. 11, 4 und S. 16). Fig. 11 zeigt die Geröllgrössenverhältnisse der verschiedenen Nagelfluhhorizonte. Allgemein ist zu sagen, dass die Guggisberger Nagelfluh überwiegend aus Geröllen der zweiten und dritten Grössenklasse besteht. Gerölle der IV. Klasse beteiligen sich mit maximal 16,7% (Hänseli). Wichtig für die Beurteilung der Geröllgrössenverhältnisse sind aber auch die Vergleiche der Präsenzzahlen, denn sie geben eine bessere Vorstellung vom Anteil der grossen Gerölle am Aufbau der entsprechenden Schicht. Eine relativ gute Durchmischung aller Geröllgrössenklassen weist die Nagelfluh vom Hänseli (1) auf. Ähnlich verhält sich die Guggershorn-Nagelfluh. Sie führt auch, wie in der Tabelle S. 37 zu sehen ist, die grössten Gerölle der Guggisberger Nagelfluh überhaupt. Die Kalchstätter-Nagelfluh zeigt in den beiden untersuchten Aufschlüssen (Kalchstätten 3 und Milkenschür 2) bemerkenswerte Unterschiede: Mehr sedimentäre und grössere Gerölle in Kalchstätten in zentralerer Lage im Schuttfächer und stärkere Durchmischung mit kristallinem Emmentaler-Material in Milkenschür in der randlichen Überschneidungslage. Extrem sind, wie bereits oben erwähnt, auch in bezug auf die Geröllgrösse die Punkte der Austern- und Scherli-Nagelfluh.

Form und Rundung. Kugelige und flache Gerölle sind mit durchschnittlich 40% bzw. 38% am stärksten vertreten. Stengelige Gerölle erreichen durchschnittlich 16%, während flachstengelige mit nur 6% an vierter Stelle stehen. Die von TANNER (Lit. 81) gemachte Feststellung, dass die stengeligen und flachstengeligen Gerölle zusammen im Durchschnitt 20—30% ausmachen, ist auch in unserem Gebiet bestätigt worden.

Der Durchschnitt der Rundung der Gerölle liegt mit ca. 75% in den Klassen 5—7. Der grösste Wert der Klasse 9 wurde mit 16% in der Kalchstätter-Nagelfluh ermittelt. Vergleichen wir diese Feststellungen mit jenen, die TANNER (Lit. 81) im Hörnli-Schuttfächer machte (durchschnittliche Rundung in Klasse 7 mit stellenweiser Dominanz der Klasse 9), so fällt die schlechtere Rundung der Komponenten der Guggisberger Nagelfluh auf. Dies dürfte auf die alpennähere Lage unseres Schuttfächers zurückzuführen

sein. Indessen ist die Rundungsbestimmung nach der KRUMBEINschen Methode stark subjektiv, so dass Vergleiche in dieser Beziehung von nicht allzu grossem Wert sein können.

Zusammenfassend können an Hand dieser Untersuchungen folgende Feststellungen gemacht werden:

Die Guggisberger Nagelfluh ist mit Ausnahme lokaler Abweichungen vorwiegend aus Flyschgeröllen aufgebaut. Dazwischen schaltet sich die stark bunte Austernnagelfluh ein, die offenbar einen Ausläufer der Emmentaler Nagelfluh darstellt. Die unterste (Hänseli-Nagelfluh) und die oberste (Guggershorn-Nagelfluh) weisen die grössten Gerölle auf, während in der Kalchstätter Nagelfluh die kleineren Komponenten vorherrschen, die jedoch in den verschiedenen Aufschlüssen bemerkenswerte Grössenunterschiede zeigen. Für die Form der Gerölle ist in erster Linie die Gesteinsart und z. T. auch die Geröllgrösse massgebend.

### **Die Entstehung der Guggisberger Nagelfluh**

Wie man aus der Geröllliste ersehen kann, ist es in mehreren Fällen gelungen, die Herkunft der Gerölle einwandfrei nachzuweisen. Sicher ist einmal, dass, von den ultrahelvetischen Gesteinen abgesehen, kein helvetisches Material gefunden wurde. Die dichten grauen und hellen Kalke und Kieselkalke müssen daher wie die Radiolarite und der Trümmermarmor aus den romanischen Decken abgeleitet werden. Besonders schwierig ist die Herkunftsbestimmung der gelben Flyschsandkalke. Das Gestein ist von W. LIECHTI (Lit. 53) auch im Emmentaler und von TANNER (Lit. 53) auch im Hörnli-Schuttfächer nachgewiesen worden und stellt nach H. RENZ (Lit. 69) in der Sommersbergzone den Hauptanteil. Nach der Geröllgrösse dürfte der Transportweg zu unserem Schuttfächer nicht allzu lang gewesen sein. Wahrscheinlich kommt als Herkunftsgebiet eine ostalpine (oder präalpine?) Einheit in Betracht, die der Erosion gänzlich zum Opfer fiel. Die Anwesenheit von Molassegeröllen wirft die Frage auf, ob eventuell auch andere Gerölle der Guggisberger Nagelfluh sich auf sekundärer Lagerstätte befinden, d. h. ob sich die Nagelfluh nicht zum Teil aus Komponenten aufbaut, die aus der stampischen Molasse aufgearbeitet sind, die nach Prof. GÜNZLER (Vorlesung «Das Berner Oberland», Winter 1944/45) während der alpinen Faltung emporgeschoben wurde und einen Teil der miocänen Sedimente lieferte.

## **2. Schwereminerale-Untersuchungen an Molassesandsteinen**

Schwereminerale-Untersuchungen an Molassesandsteinen sind im Anschluss an die grossregionale sedimentpetrographische Studie von A. VON MOOS (Lit. 59) besonders in den neueren Arbeiten über die ostschweizerische Molasse (E. GEIGER, Lit. 20; H. RENZ, Lit. 69; K. KLEIBER, Lit. 46; H. TANNER, Lit. 81) publiziert worden. In der bernischen Molasse hat meines Wissens nur A. VON MOOS statistische Untersuchungen ausgeführt. W. LIECHTI (Lit. 53) untersuchte an den Sanden und Mergeln aus dem Gebiet zwischen Emme und Ilfis speziell die Korngrössenverhältnisse; der Gehalt an Schweremineralien wird von diesem Autor nur qualitativ aufgeführt.

Unsere Untersuchungen wollen Aufschluss über die Herkunft der Molassesedimente, ihre Ablagerungsbedingungen, sowie über den stratigraphischen Leitwert des Schwereminerale-Spektrums oder einzelner typischer Mineralien geben. Die Resultate der oben zitierten Arbeiten, wie auch der vorliegenden, konnten keines dieser Probleme voll befriedigend lösen. Es hat sich gezeigt, dass selbst bei engstem Probeentnahmernetz eine Gesetzmässigkeit in der Schwereminerale-Führung nur in einzelnen Fällen zu erkennen ist, so dass angenommen werden muss, der Zufall spiele eine nicht zu unterschätzende Rolle in der Verteilung dieser Mineralien. Allerdings fragt es sich, inwieweit dies auf die Unzulänglichkeit in der Methodik zurückzuführen ist. Jedenfalls sollte, wie auch H. RENZ (Lit. 69) beiläufig hervorhebt, der Gewichtsanteil der Schweremineralien an der gesamten Gesteinsprobe mehr berücksichtigt werden. Bei meinen Untersuchungen konnte ich feststellen, dass verschiedene Proben, bei volumenmässig gleich grossem Ausgangsmaterial, mengenmässig bedeutende Unterschiede in der Schwereminerale-Führung zeigten. Eigenartigerweise stammen alle an Schweremineralien armen Proben aus der Unteren Süsswassermolasse. Ob dies

auf das stärkere Ätz- und damit Eliminierungsvermögen des Mediums zurückzuführen ist, scheint fraglich. Die von TANNER und von Moos gemachten Feststellungen, dass solche Ätzerscheinungen (Kämmchenbildungen bei Granat und Staurolith) in Süsswasserablagerungen überwiegen, konnte ich nicht bestätigen, sie fanden sich in den Proben aller untersuchten Stufen.

Die Herstellung der Präparate erfolgte nach dem Vorgehen von A. von Moos, das hier nur kurz erläutert sei.

Die Sandsteinproben werden im Mörser zerkleinert und nachher gesiebt. Feinstmaterial wird durch Schlämmen eliminiert, die restliche Sandprobe für die Entfernung der Karbonate in verdünnter Salzsäure gekocht, ausgewaschen und getrocknet. Mittels Bromoform wird die schwere Fraktion von der leichten getrennt, in Alkohol gewaschen und dann in Kanadabalsam eingebettet. Die Korngrösse spielt sowohl für die Ausbeute wie für die optische Diagnostizierung eine wesentliche Rolle. Erfahrungsgemäss eignet sich die Korngrössenfraktion von 0,2—0,08 mm für solche Untersuchungen am besten. Die Auszählung, die mit Hilfe des Kreuztisches durchgeführt wird, erfolgt in zwei Teilen. Bei einer ersten Auszählung mit 100 Körnern werden die Anteile an Glimmer, Chlorit, Opak (Erz) und Schwereminerale im eigentlichen Sinne ermittelt. Die drei erstgenannten Mineralgruppen werden demnach nicht in die eigentliche Zählung mit einbezogen, da sie sich wegen ihrer blättrigen Ausbildung bei der Trennung ungünstig verhalten und weil sie prozentual zu stark über die eigentlichen Schwereminerale dominieren. In der zweiten Zählung werden nur die eigentlichen Schwereminerale berücksichtigt, von denen meist 200 und mehr Körner, in einigen Präparaten (siehe oben) nur 100 Körner ausgezählt werden konnten. Von einer Mineralbeschreibung sehen wir ab und verweisen auf die Publikationen von A. von Moos (Lit. 59), K. KLEIBER (Lit. 47) und H. B. MILNER (Lit. 57). Der qualitative Mineralbestand ist aus den Tabellen ersichtlich. Hauptgemengteile sind Anteile über 10%, Nebengemengteile 10—2% und Akzessorien unter 2%. Es bedeuten in den Tabellen: im Präparat vorhanden = +, im Präparat fehlend = —.

### Die Probeentnahmestellen

Neben Profilen, die die gesamte Schichtfolge einer Stufe umfassen, wurden im Aquitanien und in der Basis des Burdigalien die Schwereminerale-Vergesellschaftung auch in flächenhafter Anordnung der Entnahmestellen bei stratigraphisch gleichem Niveau untersucht.

#### I. Sandsteine des Aquitanien im Liegenden der Scherli-Nagelfluh

- 1a. Westlich Spitzeren, rechtes Senseufer.
- 1b. » - » » »
- 1c. » Vogelstand, » »
- 1d. Grasburg, linkes Senseufer.
- 1e. Heitibüffel, rechtes Senseufer.
- 1f. Tützenberg, westlich St. Antoni.

#### II. Sandsteine des Burdigalien

- 2a. Sandsteinschmitze der Scherli-Nagelfluh, Hundsfluh.
- 2b. » » » Freiburgstrasse.
- 3a. Hangendes der Scherli-Nagelfluh, Freiburgstrasse.
- 3b. » » » Hundsfluh.
- 3c. » » » Heitibüffel.
- 3d. » » » Menzishaus.
- 3e. » » » Menzishaus.
- 4. Stratigraphisch etwas höher als 3 Tolgli/Alterswil.
- 5. » » » » 4 Freiburgstrasse.
- 6. » » » » 5 Schwarzwassermündung.

### III. Spezialprofil durch eine Bausandsteinbank (Burdigalien) an der Freiburgstrasse

(7a—7f; 7a=2b, 7b=3a, 7f=5 aus Tabelle II.)

#### Sandsteine des Helvétien

### IV. Profil durch das Helvétien von der Sense über Niederriedgraben-Kalchstätten bis Guggisberg

8. Fossilführender Grobsandstein (Basis des Helvétien).
9. Massiger Glaukonitsandstein, Kote 810, unterhalb Flühweid.
10. Fossilbank, Grobsandstein, Kote 890, Mittlisriedgraben.
11. Glaukonitsandstein, im Graben südlich Laden.
12. » » » » »
13. Sandsteinschmitze der tiefsten Kalknagelfluh, Kote 920, südlich Laden.
14. Sandsteinlage der Kalchstätter Nagelfluh, Büzerenwald.
15. Austernnagelfluh bei Guggisberg.

### V. Profil im Gebiet von Guggersbach

16. Mergelige Sandsteine mit Wurmsspuren.
17. Steinzylinder aus diesen Mergeln.
18. «Trygon»-Schichten.
19. Glaukonitischer Sandstein unterhalb Schützeren.
20. Glaukonitischer Sandstein am Weg von Riedacker nach Stucki.

### VI. Profil östlich Pfad

21. Liegendes der Halten-Nagelfluh von Grubenboden.
22. Hangendes der Halten-Nagelfluh von Grubenboden.
23. Liegendes der Kalchstätter Nagelfluh südlich Rütischlund.

### VII. Profil von Spühlebach bis Guggershorn

24. Liegendes der Kalchstätter Nagelfluh südlich Spühlebach.
25. Hangendes der Kalchstätter Nagelfluh Unter Zahmisholz (Lonjebach).
26. Austernsandstein. Nordhang des Schwendelbergs.

#### ? Tortonien

27. Gelber, weicher Sandstein, Kote 1170, unterhalb Sattel.
28. Basis der Guggershorn-Nagelfluh.
29. Bindemittel der Guggershorn-Nagelfluh.

	Glimmer	Chlorit	Erz und übriges Opak	Schwerminerale ss.	Granat	Zirkon	Epidot	Turmalin	Rutil	Anatas	Staurolith	Disthen	Titanit	Glaukophan	Zoisit	Augit	Topas	Apatit	Chloritoid
<b>I. Aquitanien</b>																			
1 a. . . . .	3	46	33	18	20	25	50	—	+	—	—	—	—	—	1	—	—	—	—
1 b. . . . .	2	18	50	29	23	9	50	1	+	—	1	—	1	+	+	—	—	4	—
1 c. . . . .	14	18	59	9	29	—	60	—	—	—	5	4	2	—	1	—	—	—	—
1 d. . . . .	11	33	49	10	37	2	50	—	—	—	4	1	—	—	—	—	—	—	—
1 e. . . . .	5	4	64	27	50	—	40	+	—	—	3	2	2	2	—	—	—	+	—
1 f. . . . .	—	19	35	46	52	2	26	2	+	—	10	2	+	+	+	+	+	2	—
<b>II. Burdigalien</b>																			
2 a. . . . .	8	60	26	6	57	1	31	—	1	—	3	—	—	1	—	—	1	—	1
2 b. . . . .	3	25	35	37	33	15	28	6	5	—	3	—	3	5	—	—	—	2	—
3 a. . . . .	2	46	42	10	38	6	41	+	2	—	2	—	1	+	2	—	—	1	—
3 b. . . . .	3	32	48	17	59	—	28	2	—	—	7	+	2	1	—	—	—	—	—
3 c. . . . .	1	42	40	7	30	3	55	1	—	—	3	—	2	5	—	—	—	—	—
3 d. . . . .	3	7	56	44	70	8	16	+	—	+	3	+	+	1	—	—	—	—	—
3 e. . . . .	6	52	27	15	64	1	20	4	1	3	7	—	1	—	—	—	—	—	—
4. . . . .	11	25	42	22	40	8	43	2	—	—	2	2	1	—	—	—	—	—	—
5. . . . .	4	41	41	14	53	19	26	+	+	—	6	1	—	1	+	1	—	—	—
6. . . . .	3	42	40	15	45	7	44	2	—	—	+	—	1	—	—	—	—	—	—
<b>III. Burdigalien</b>																			
7 a. . . . .	3	25	35	37	33	15	28	6	5	—	3	—	3	5	—	—	—	2	—
7 b. . . . .	2	46	42	10	38	6	41	+	2	—	2	—	1	+	2	—	—	1	—
7 c. . . . .	3	9	50	38	32	20	27	3	4	+	3	—	1	2	—	—	—	4	—
7 d. . . . .	1	5	75	19	50	29	20	—	—	—	+	—	1	—	—	—	—	—	—
7 e. . . . .	4	33	20	43	48	25	28	1	1	—	4	+	1	2	—	—	—	2	—
7 f. . . . .	4	41	41	14	53	19	26	+	+	—	6	1	—	1	+	1	—	—	—
<b>IV. Helvétien</b>																			
8. . . . .	3	38	44	15	50	1	24	—	—	—	11	4	—	2	—	—	—	4	—
9. . . . .	1	32	32	35	43	5	42	+	—	+	2	+	1	+	—	—	—	1	—
10. . . . .	4	45	37	14	73	2	16	+	+	—	4	—	1	+	—	—	—	1	2
11. . . . .	3	56	15	26	42	9	39	1	+	+	2	1	1	4	—	—	—	1	—
12. . . . .	4	7	43	46	31	7	51	+	1	—	+	2	1	1	4	—	—	1	—
13. . . . .	1	39	41	9	67	3	20	2	—	+	3	2	1	1	—	—	—	—	—
14. . . . .	10	4	48	39	61	11	8	2	3	1	9	2	1	—	—	—	—	—	—
15. . . . .	4	20	25	51	54	+	17	+	7	—	10	5	+	+	—	—	—	1	—
<b>V. Helvétien</b>																			
16. . . . .	2	5	73	20	65	7	16	6	—	1	6	1	1	—	—	—	—	1	—
17. . . . .	3	17	49	30	51	4	35	1	+	—	5	1	+	+	—	—	—	—	+
18. . . . .	8	31	45	16	67	15	10	2	—	—	—	1	1	1	—	—	—	+	+
19. . . . .	1	55	16	28	44	4	40	2	—	—	6	1	+	1	—	—	—	—	—
20. . . . .	3	48	29	20	46	1	38	3	—	—	2	—	+	2	—	+	—	6	—
<b>VI. Helvétien</b>																			
21. . . . .	3	23	45	29	68	1	12	6	1	—	8	2	+	1	—	—	—	+	—
22. . . . .	5	49	39	8	32	3	27	13	1	1	8	2	3	2	—	—	—	6	2
23. . . . .	15	43	28	14	55	7	+	11	—	—	6	5	2	2	—	—	—	10	+
<b>VII. Helvétien und Tortonien</b>																			
24. . . . .	6	9	64	21	67	4	11	3	—	—	5	3	2	1	—	—	—	+	+
25. . . . .	10	44	28	18	48	28	15	1	+	—	4	1	—	+	—	—	—	2	—
26. . . . .	8	5	50	37	40	2	43	+	1	—	2	+	—	+	—	—	—	1	+
27. . . . .	0	9	39	52	70	1	15	1	2	+	5	+	1	—	—	—	—	3	—
28. . . . .	3	35	26	36	24	1	60	2	—	+	6	3	2	+	—	—	+	1	+
29. . . . .	1	39	31	29	51	6	12	5	3	—	12	5	—	1	—	—	—	4	—

**Tabelle I. Aquitanien (1 a—1 f)**

Bei relativ nahe nebeneinander gelegenen Entnahmestellen (*a—d*) konstatieren wir eine vorzügliche Übereinstimmung in der Granat- und Epidotführung. Epidot dominiert in diesen Präparaten beinahe um das doppelte über Granat. Dieses Verhältnis verschiebt sich bei *e* zugunsten von Granat, der bei *f* seinerseits um ein zweifaches den Epidot überwiegt. Völlig aus dem Rahmen fällt bei *a* der Zirkonanteil, der hier zum Hauptgemengteil wird, während er in den übrigen Proben fehlt oder nur spärlich auftritt. Von den übrigen Schweremineralien wird Staurolith in *f* zum Hauptgemengteil, zeigt aber auch sonst ein relativ konstantes und reichliches Auftreten. Ähnlich verhält es sich mit Disthen und Titanit, während Turmalin und Rutil meist fehlen oder als akzessorische Gemengteile auftreten. Glaukophan tritt in *b* als Nebengemengteil auf.

**Tabelle II. Burdigalien (2—6)**

Wenig Übereinstimmung zeigen die beiden Proben aus der Scherli-Nagelfluh (*2a* und *2b*). Wohl dominiert der Granat in beiden Proben über Epidot, es sind aber numerisch bedeutende Unterschiede zwischen diesen beiden Proben vorhanden. Zirkon tritt in *2a* als Hauptgemengteil, in *2b* aber nur akzessorisch auf. Ähnlich verhält es sich mit Turmalin und Rutil, die beide in *2a* bemerkenswerte Anteile aufweisen und in *2b* selten oder gar nicht vorhanden sind. Die andern Schweremineralien zeigen zum Teil gleiches Verhalten. Starke Gegensätze stellen sich in der stratigraphisch nächsthöheren Schicht ein. Mit Ausnahme von *2b* und *3c*, wo Epidot über Granat dominiert, erreicht der Granat im nördlichen und besonders im westlichen Gebiet recht hohe Werte (70% bei Menzishaus). Ausgeglichenere ist die Granat-Epidot-Führung bei 4 und 6, die zudem im Zirkongehalt übereinstimmen. Sehr konstantes Verhalten durch die ganze Serie zeigt der Staurolith.

**Tabelle III. Spezialprofil Freiburgstrasse (7 a—7 f)**

Die Proben dieses Profils sind in übereinanderliegenden Abständen von ca. 5 m entnommen worden. Allgemein wird Granat und Epidot durch das reichliche Auftreten von Zirkon zurückgedrängt. Granat überwiegt mit einer Ausnahme Epidot, doch zeigt sich auch in diesem engen Profil keine gesetzmässige Zu- oder Abnahme der beiden Hauptgemengteile in vertikaler Richtung.

**Tabelle IV. Helvétien (8—15)**

Ähnlich wie in den burdigalen Sandsteinen zeigt sich auch hier mit einer Ausnahme ein Überwiegen des Granates über Epidot. Es ist wahrscheinlich, dass wie beim Zirkon auch bei Epidot eine Zunahme bei Kornverfeinerung des betreffenden Sandsteines eintritt. Der Zirkongehalt steigt gegen das Hangende unregelmässig an, erreicht in 14 das Maximum mit 15%, um in dem groben Bindemittel der Austern-nagelfluh wieder ganz zu verschwinden. Auffällig ist der grosse Gehalt an Staurolith in den grobsandigen Horizonten (Basis und oberster Teil des Helvétien), sowie das reichliche und gegen oben ansteigende Auftreten von Turmalin, Rutil und Disthen. Sehr konstant ist Titanit.

**Tabellen V und VI (16—20; 21—23)**

Sie stellen kleine Profile aus dem unteren Helvétien des westlichen und nördlichen Gebietes dar und zeigen das gewohnte Überwiegen des Granats über Epidot. Interessant ist das gegensätzliche Verhalten von Epidot und Zirkon in 17 und 18. Die erstere Probe stammt aus einem sogenannten Steinzyylinder, der in die Schicht 18 hineinreichte, d. h. diese «Arenicola»-Röhre wurde mit dem Sediment dieser Schicht ausgefüllt, wie dies im Aufschluss sehr gut zu erkennen ist. Sehr niedrig sind die Epidotwerte im unteren Helvétien des nördlichen Gebietes, während der Turmalin teilweise zum Hauptgemengteil wird. Relativ konstant verhalten sich in beiden Tabellen neben Staurolith der Titanit und die blaue Hornblende.

**Tabelle VII** (24—29; 27—29 = Helvétien und ?Tortonien)

Grosse Unregelmässigkeiten treten in diesem Profil auf. Wir haben im Liegenden der Kalchstätter Nagelfluh ähnlich wie bei der Probe 23 einen sehr niedrigen Epidotwert, der auch im Hangenden dieser Nagelfluh (25) festzustellen ist. Bei 26 dominiert Epidot über Granat, sinkt aber bei 27 auf 15% herab. Auch beim Granat stellen sich mengenmässig grosse Unregelmässigkeiten ein, desgleichen fällt der enorme Zirkongehalt bei 24 ganz aus dem Rahmen. Im ?Tortonien beobachten wir bei den übrigen Schwere-mineralien eine mehr oder weniger regelmässige Zunahme bei Staurolith, Turmalin und Disthen.

**Vergleiche mit anderen Gebieten**

Allgemein erkennt man auch in unserem enggezogenen Probennetz jene Eintönigkeit des Schwere-mineral-Spektrums, die von Moos in seiner grossregionalen Untersuchung feststellen konnte.

**Aquitanien:**

Die von A. von Moos festgestellte Erz-Epidot-Granat-Kombination im Aquitanien ist im grossen und ganzen auch durch die vorliegenden Untersuchungen bestätigt worden. Epidot überwiegt stellenweise mit auffallender Konstanz über Granat. Diese Dominanz lässt sich nach den Ausführungen von Moos' von der Westschweiz bis zur Linie Zugersee-Töss nachweisen. Östlich dieser Linie scheint Epidot stark zurückzutreten. Indessen ist aber auch in diesen Gebieten sowohl von RENZ (Lit. 69) als auch von TANNER (Lit. 81) und KLEIBER (Lit. 46) lokal gerade das umgekehrte Verhältnis angetroffen worden. Zirkon kann als Hauptgemengteil auftreten, aber auch vollständig fehlen. Beim Staurolith beobachtet man eine schwache Zunahme in westlicher und nördlicher Richtung. Eigenartigerweise tritt die Vermehrung des Stauroliths in allen Stufen dort auf, wo Epidot geringe Prozentanteile aufweist. Der Anteil der blauen Hornblende in den Präparaten der aquitanen Sandsteine unterscheidet sich nur wenig von demjenigen der Meeresmolasse. Die Vermutung von RENZ (Lit. 69), dieses Mineral trete ausschliesslich als Gemengteil der marinen Molassesedimente auf, wird damit hinfällig.

**Burdigalien und Helvétien:**

In schroffem Gegensatz stehen diese Stufen unseres Gebietes zu denjenigen benachbarter und entfernterer Gebiete. Von Moos (Lit. 59) erwähnt aus der Umgebung von Bern und Freiburg eine Epidot-Granat-Erz-Kombination mit Zirkon, Turmalin und Rutil. Ähnliche Verhältnisse liegen in der Ostschweiz vor, wo nach KLEIBER (Lit. 46) und TANNER (Lit. 81) die gleiche Kombination vorherrscht, während nach RENZ (Lit. 69) die Epidot-Vormacht sich nur auf die marine Fazies der Meeresmolasse beschränkt. In unserem Gebiet wurde meist eine Granatvormacht festgestellt. Die Epidotanteile sinken speziell im Helvétien auf erstaunlich geringe Werte, während Granat 60 und 70% oft übersteigt. Die wenigen Ausnahmen im unteren Burdigalien dürften auf die Kornverfeinerung der entsprechenden Proben zurückzuführen sein. Der Zirkongehalt ist nur im burdigalen Profil an der Freiburgstrasse konstant, tritt aber im übrigen sehr unregelmässig auf. Eine gewisse Übereinstimmung mit anderen Gebieten kann an den anderen Schwere-mineralien festgestellt werden. Wie am Belpberg, so treten auch hier besonders die Turmaline in bemerkenswerter Menge auf, im oberen Teil des unteren Helvétien wird Turmalin lokal zum Hauptgemengteil. Eine stärkere Zunahme ist auch bei Titanit zu beobachten. Die wenigen Proben aus dem ?Tortonien erlauben keine Vergleiche mit anderen Gebieten.

Aus diesen Beobachtungen geht hervor, dass weder Leitmineralien noch Mineralassoziationen für bestimmte Faziesbereiche oder bestimmte stratigraphische Horizonte mit Sicherheit festzustellen sind. Ebenso konnte die von A. von Moos (Lit. 59) und TANNER (Lit. 81) geäusserte Vermutung, wonach gewisse Mineralien in limnischen Bereichen der Anätzung stärker anheimfallen, nicht bestätigt werden.

**Herkunft der Schwere mineralien und Genese der Psammite**

Für die Deutung der Genese der Psammite und die Herkunftsbestimmung dürften die Schwere-mineralien wertvolle Dienste leisten. Nach den Ausführungen von Moos' eignen sich besonders Epidot und Glaukophan als herkunfts- und umlagerungsempfindliche, Staurolith und Disthen als herkunfts-

empfindliche und umlagerungsstabile Mineralien zur Herkunftsbestimmung, wobei für Epidot die penninischen Ophiolithe, Epidot- und Grünschiefer, für Glaukophan die natronreichen, basischen Eruptivgesteine des Walliser Penninikums, für die andern Mineralien das Ostalpin als Herkunftsgebiet betrachtet wird. Allerdings misst von Moos den Wiederaufarbeitungen aus älteren tertiären Sedimenten speziell für Staurolith und Granat grosse Bedeutung zu. TANNER vermutet, dass die grossen Epidotvorkommen in den Molassesandsteinen aus einer «mittelostalpinen Quatervals-Simmendecke» hergeleitet werden müssen. Für unser Gebiet kommen als Ursprungsregionen entweder die préalpinen Decken oder das Penninikum der Walliser Alpen in Frage. Was die Herkunft aus den Préalpes-Decken anbelangt, so ergaben die neuesten Untersuchungen von H. GRUNAU und K. ARBENZ (persönliche Mitteilung), dass die Ophiolithe dieser Einheiten keinen Epidot führen. Wir können daher nur das Walliser Penninikum als Epidotlieferant betrachten.

Inwieweit direkte Belieferung in Frage kommt, lässt sich nicht beurteilen. Die relativ häufig beobachteten ausgezeichnet erhaltenen Kristallformen (säulige Zirkone mit sehr gut erhaltenen Prismen und Pyramiden, Rhombendodekaeder bei Granat, Kniezwillinge bei Rutil und Staurolith) sprechen für geringe Umarbeitung und kurze Transportwege. Es ist daher nicht ausgeschlossen, dass ein grosser Teil der Schweremineralien aus dem exotischen Material des Wildflysches stammt. Einen Hinweis in dieser Beziehung geben vielleicht auch die vereinzelt auftretenden rötlichen Zirkone, die aus den roten Graniten stammen könnten.

Betrachten wir die in den verschiedenen Gebieten der Molasse gewonnenen Resultate der Schweremineraluntersuchungen, so stellen wir fest, dass die erwartete gesetzmässige Übereinanderfolge gewisser Mineralkombinationen als Ausdruck einer nacheinander folgenden Erosion der sich überlagernden tektonischen Einheiten im alpinen Hinterland nicht oder in bedeutend geringerer Masse vorhanden ist als bei den Nagelfluhen. Die Monotonie der Schweremineral-Vergesellschaftung spricht im Gegenteil für eine nachträgliche Durchmischung der Sande, so dass angenommen werden muss, dass die regelmässige Sedimentation des orogenen Detritus gestört wurde. Die bisher angenommene Ansicht einer ruhigen, mehr oder weniger kontinuierlichen Auflagerung des alpinen Feinschuttes im Molassebecken wird durch neuere Untersuchungen stark in Zweifel gezogen. Wie RUTSCH (Lit. 73) hervorhebt, können durch marine Strömungen grosse Mengen bereits abgelagerter Sedimente wieder erodiert und verlagert werden, wie dies in den rezenten Wattengebieten in typischer Weise der Fall ist. Dürften daher nicht gerade diese Unregelmässigkeiten in der Schweremineral-Führung einen Beweis für diese marinen Umlagerungen darstellen, die eine Horizontierung mit Hilfe von Schweremineralien verunmöglichen?

### C. Tektonik

Die Angaben früherer Autoren über die Tektonik des Untersuchungsgebietes sind im historischen Abschnitt bereits kurz erwähnt worden. Wir beschränken uns daher im folgenden zur Hauptsache auf die Resultate der eigenen Untersuchung, wobei nur das Gebiet des Blattes Schwarzenburg eingehender behandelt wird. Die tektonischen Verhältnisse im Gebiete südlich von Guggisberg werden nur kurz gestreift, da wir eine genauere Beschreibung von Herrn Prof. TERCIER erwarten dürfen.

In der Molasse des Schwarzenburger Landes können eine subalpine Zone und eine mittelländische Zone unterschieden werden, die ihrerseits verschiedene tektonische Elemente aufweisen (vgl. Tafel I, Fig. 2):

- Von Nord nach Süd:
- |                         |   |   |
|-------------------------|---|---|
| I. Mittelländische Zone | { | Albligen-Synklinale,<br>Schwarzenburg-Antiklinale,<br>Laubbach-Synklinale,<br>Molassefalten von Fallvorsassli.  |
| II. Subalpine Zone      | { | Auf das Vindobonien aufgeschobene oligocaene Molasse<br>südlich Fallvorsassli-Plötsch-Kriesersboden im Kohlgraben und nach GERBER (Lit. 32) östlich Riffenmatt bei Einhalten. |

Im Gegensatz zum tektonischen Aufbau des Gebietes östlich des Schwarzwassers, wo sich miocaene (vindobone) Schichten bereits am subalpinen Schuppenbau beteiligen (vgl. RUTSCH, Lit. 72 und Lit. 73, «Giebelegg-Schuppe»), haben wir im Gebiet südlich von Guggisberg Erscheinungen, die den östlich der Aare (Emmental, Zentralschweiz) beschriebenen tektonischen Verhältnissen durchaus ähnlich sind: Schwach gefaltete Molassetafel, die durch eine scharfe Überschiebungslinie von der subalpinen Oligocaen-Molasse getrennt ist. Allerdings dürften die altbekannten, z. T. überkippten miocaenen Molassefalten von Fallvorsassli an der Sense als Übergang von Falte zu Schuppe und somit als Analogon zur Giebelegg-Schuppe betrachtet werden.

### Die Albligen-Synklinale

Die Existenz dieser Mulde, die nach dem Dorf Albligen (T. A. 332) benannt sei, ergibt sich in erster Linie aus dem auf S. 14 beschriebenen Verlauf der Scherli-Nagelfluh: Im Senseprofil taucht das burdigale Basiskonglomerat südlich der Hundsfluh ab und erscheint erneut im ca. 3,5 km weiter südlich gelegenen Gebiet unterhalb Helfenberg.

Im Tafernatal zeigt sich die gleiche Erscheinung, wenn auch weniger deutlich als an der Sense. Dem gegen S abtauchenden geröllführenden Sandstein an der Strasse von Lanthen nach Niedermuhren fällt das gegen S ansteigende Basiskonglomerat unterhalb Menzishaus entgegen (s. S. 7). Einen Hinweis auf die Lage der Muldenaxe geben uns die Schichtmessungen im Ruchmühlesteinbruch westlich Nieder-Eichi (T. A. 332). Die plattigen Schichten, die sehr an das obere Burdigalien erinnern, fallen mit  $40^{\circ}/N$  und  $20^{\circ}/356$  NW, während weiter nördlich, an der Schwarzwassermündung S-SE-fallende Schichten anstehen. Die Axe der Albligen-Synklinale verläuft somit W-E-streichend von Lanthen-Niedermuhren über Albligen-Rappenfluh an der Sense gegen Steinenbrünnen.

Man ist versucht, diese Synklinale als westliche Fortsetzung der Belpberg-Synklinale aufzufassen. Nach neueren Untersuchungen von RUTSCH (Lit. 73), der die Albligen-Synklinale im Gebiet des Blattes Rüeggisberg feststellen konnte, ist aber ein Zusammenhang dieser beiden Mulden nicht nachzuweisen. Die Belpberg-Synklinale steigt im Gebiet des Tschuggen westlich Niedermuhren axial an, während die Albligen-Synklinale gegen Osten axial absinkt und in der Gegend der Bütschelbachmündung verschwindet.

### Die Schwarzenburg-Antiklinale

Schon GILLIÉRON (Lit. 36) erkannte diese Antiklinale in der Senseschlucht, die hier den aquitanen Kern blosslegt. Er erwähnt das SSE-Fallen der Schichten in der Senseschlucht westlich Kalchstätten, das bis unterhalb Schwenny anhält und dort in ein SSW-Fallen übergeht; Nordfallen ist erst nordwestlich Schwarzenburg zu beobachten.

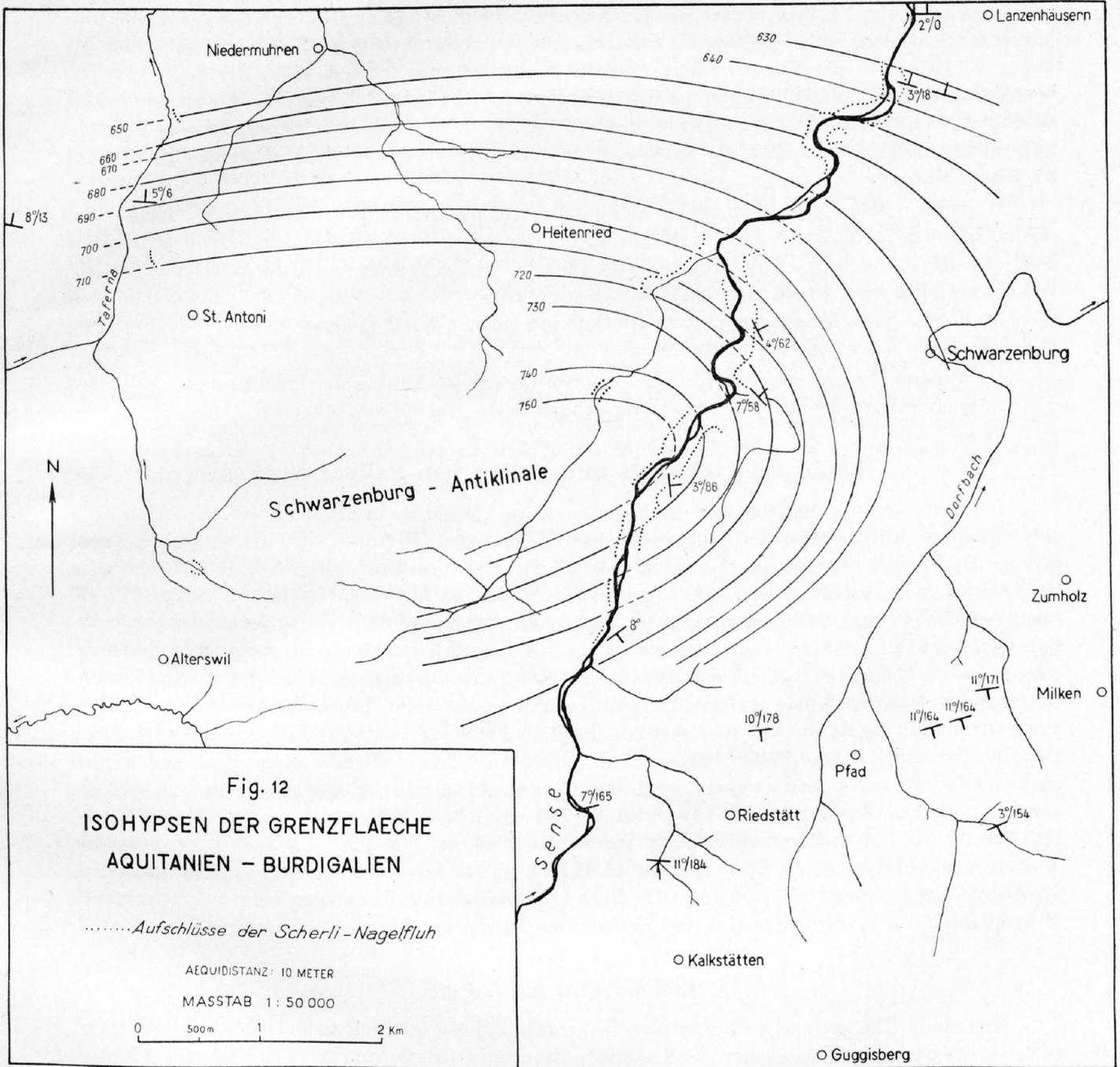
GERBER (Lit. 26) verbindet eine Antiklinale an der Grasburg mit einer Aufwölbung beim Buttigenbad.

BUESS (Lit. 10) betont den selbständigen Charakter und die kurze axiale Erstreckung dieser Falte, während RUTSCH (Lit. 72) sie mit der Kurzenberg-Antiklinale zu parallelisieren versuchte. Seine neueren Untersuchungen im Gebiet von Rüeggisberg (Lit. 73) bestätigen nun die kurze Erstreckung und das axiale Absinken dieser Falte gegen Osten.

Die Isohypsenkonstruktion der aquitanen Schichtoberfläche (Fig. 12) vermittelt in anschaulicher Weise eine Vorstellung von der Lage, Form und Ausdehnung dieser Falte, die ich nach dem Dorfe Schwarzenburg bezeichnen möchte.

Wie bei der Albligen-Synklinale, dient auch hier in erster Linie der Verlauf der Scherli-Nagelfluh im Sensequerschnitt als Leithorizont für die Beurteilung der Tektonik. Der antiklinale Verlauf des burdigalen Basiskonglomerates wurde in anderem Zusammenhang bereits eingehend beschrieben und sei hier deshalb nur kurz wiederholt.

Man beobachtet das Auftauchen der Scherli-Nagelfluh auf Kote 619 unterhalb Helfenberg nördlich Steinhaus. Sie steigt von hier aus sanft gegen S an und erreicht den Gewölbescheitel auf Kote 740 m im Gebiet von Wanne-Blattera westlich Schwarzenburg. Gegen S abfallend, taucht das Konglomerat auf Kote 696 unterhalb Schwenny unter das Sensebett ab.



Die antiklinale Aufwölbung des Aquitanien dokumentiert sich auch in der Morphologie der Sense-schlucht. Die weichen Sandsteine und Mergel des Aquitanien leisten der Erosion geringeren Widerstand als die Bausandsteine des Burdigalien und ermöglichen deshalb eine bemerkenswerte Verbreiterung der Schlucht. Der zwischen Guggersbachbrücke und Schwenny gelegene Teil der Senseschlucht, in dem nur miocaene Schichten aufgeschlossen sind, erreicht eine maximale Breite von ca. 100 m. Im Antiklinal-kern öffnet sich die Schlucht zu einer Breite von ca. 200 m und verengert sich gegen N mit dem Abtauchen der burdigalen Schichten bei Hauenthal-Rappenfluh westlich Nieder-Eichi auf 75 m.

Das Absinken der Faltenaxe, auf das eingangs hingewiesen wurde, ergibt sich aus den Schicht-messungen. Das schwache N-Fallen der Schichten, das im Ruchmühlesteinbruch festgestellt wurde, hält zunächst gegen S zu an und biegt dann, wie oben aus Fig. 12 ersichtlich ist, im Gebiet zwischen Steinhaus

und Guggisberg von NE über E nach SE um. Aus diesen Fallrichtungen ergibt sich das periklinale Umbiegen der Schichten, wobei gleichzeitig eine Zunahme des Fallwinkels gegen Süden zu beobachten ist. Das axiale Absinken der Schwarzenburg-Antiklinale gegen E, das schon westlich der Sense einsetzt, konnte von RUTSCH (Lit. 73) auch in der Schwarzwasserschluft festgestellt werden. Wir müssen jedoch annehmen, dass sich das Axialgefälle nicht konstant verhält und die Faltenaxe zwischen diesen Gebieten z. T. wieder horizontal verläuft, da sonst eine unwahrscheinlich grosse Mächtigkeit des Burdigalien resultieren würde.

Im freiburgischen Gebiet erkennen wir aus den wenigen Aufschlüssen der Scherli-Nagelfluh im Grossholzgraben nördlich Alterswil, im Tannenriedholz westlich St. Antoni und unterhalb Menzishaus den Nordschenkel der Schwarzenburg-Antiklinale. Die tektonischen Verhältnisse in der südlich und westlich von Alterswil gelegenen Gegend wurden nicht näher untersucht, da sie bereits ausserhalb des bearbeiteten Gebietes liegen. Nach den Beschreibungen der Gotteronschlucht durch TERCIER (Lit. 84) fällt jedoch die Falte mit  $5-7^{\circ}$  (offenbar axial) gegen W ab.

Der Scheitel der sich gegen W verflachenden Schwarzenburg-Antiklinale verläuft somit vom Gebiet des Schwandmattgrabens über Schwarzenburg-Wanne in die Gegend von Alterswil-Tafers.

### Laubbach-Synklinale und Falten von Fallvorsassli

Der Übergang des Südschenkels der Schwarzenburg-Antiklinale in die Laubbach-Synklinale lässt sich besonders gut im Gebiet der Guggersbachbrücke beobachten. Der Aufschluss am westlichen Senseufer bei Haslernholz zeigt bereits eine kleine Sekundärfalte in Form einer schwach antiklinal gebogenen Sandsteinbank. Gegen S zu liegen die massigen Sandsteine des Helvétien bis Koord. 589 825/177 900 westlich Fall horizontal. Gleiche horizontale bis leicht südöstlich fallende Schichtung der hangenden Nagelfluh treffen wir an der Strasse von Hirschmatt zur Klus westlich Laubbach an; desgleichen liegen die stratigraphisch höheren Schichten der Mettlenfluh (= Kalchstätter-Nagelfluh) in der verlängerten Streichrichtung dieser kurzen Mulde waagrecht. Südlich daran anschliessend folgen die altbekannten Falten von Fallvorsassli, die BUESS (Lit. 10) sicher mit Recht als Faltenkern eines der Erosion anheimgefallenen Gewölbes betrachtet. Diese Falten tauchen nach kurzer Ausdehnung offenbar gegen E ab und werden im S von der subalpinen Molasse überschoben. Die Überschiebungslinie der subalpinen Oligocaen-Molasse verläuft nach den Ausführungen GERBERS (Lit. 32) vom Gebiet südlich Fallvorsassli über Plötsch-Krieserboden im Kohlgraben und Einhalten südöstlich Riffenmatt gegen E. Die südlich der Mündung des Gauchheit-Grabens in die Sense und östlich Plötsch im Kohlgraben aufgeschlossenen steilgestellten Mergel gehören denn auch offenbar dem subalpinen Oligocaen an; aus den an der Sense aufgeschlossenen Mergeln stammt der von BUESS (Lit. 10) beschriebene Fund eines Rhinoceroszahnes.

### Brüche und Klüftung

GILLIÉRON (Lit. 36) und nach ihm DE GIRARD (Lit. 37) glaubten auf Grund der Mächtigkeitsverhältnisse der miocaenen Schichten in der Senseschlucht mehrere Brüche annehmen zu müssen. Die Untersuchungen ergeben jedoch, dass dies nicht zutrifft. Im ganzen Sensequerschnitt, von der Guggersbachbrücke bis zur Schwarzwassermündung, fand sich ein einziger Bruch westlich Wanne; die Schichtverstellung beträgt aber nur 30 cm und ist somit für die Mächtigkeitsbeurteilung der aufgeschlossenen miocaenen Schichten ohne Bedeutung. Andere vereinzelte Brüche mit ebenfalls sehr geringen Sprunghöhen (30 bis 50 cm) sind in den Nagelfluhschichten östlich Ober-Gauggenberg und nach einer freundlichen Mitteilung von Herrn Dr. RUTSCH im Gambach zu beobachten. Schichtdurchsetzende Kalzitbänder mit fast horizontal verlaufenden Harnischen und zermalmt Granitgeröllen, die ebenfalls auf tektonische Bewegungen schliessen lassen, trifft man im Nagelfluhaufschluss im Hänseli (vgl. S. 35). Nach RUTSCH könnte es sich vielleicht um intrasedimentäre Setzungserscheinungen und nicht um tektonisch bedingte Schichtverstellungen handeln. Demgegenüber sei hervorgehoben, dass gerade in jenen Gebieten mit mächtigster Nagelfluhbildung, wo diese Setzungserscheinungen eher zu erwarten wären, weder Harnische noch zerbrochene oder zermalmt Gerölle beobachtet wurden.

Im Gegensatz zu diesen seltenen Brüchen sind ausgeprägte Klufsysteme speziell in der burdigalen Molasse im Gebiet der Sense sehr häufig.

Scharfe, vorwiegend der Schlucht parallel verlaufende Klüfte durchziehen auf grössere Strecken und meist senkrecht die dickbankigen Sandsteine. Besonders gut sind solche Klüfte in den von den Alluvionen freigelegten Partien der Flußsohle (z. B. Schwarzwassermündung) zu beobachten, wo sie in Scharen auftreten. In geringerem Masse und die Schichten nie auf grössere Distanzen durchsetzend, treten mehr oder weniger senkrecht dazu verlaufende Querklüfte auf.

Man möchte zunächst annehmen, dass es sich hier hauptsächlich um Entspannungs- oder Sackungserscheinungen gegen die Schlucht zu handelt. Dass dies aber nicht der Fall ist, zeigen die Klufmessungen im Wasserstollen von Wahlern (vgl. S. 51), der in dieser Beziehung sicher nicht mehr von der tiefen Senseschlucht beeinflusst wird. Das generelle Streichen zeigt eine vorzügliche Übereinstimmung mit dem in der Senseschlucht gemessenen.

Die folgende Klufstatistik ging daher von der Annahme aus, dass Anlage und Verlauf der Senseschlucht mit dieser Zerklüftung in ursächlichem Zusammenhang stehe. Es wurden über 300 Klüfte gemessen und nach der Anleitung von J. STINY (Lit. 77) ihre Richtungen durch Cloosche Kluffrosen dargestellt. Diese Methode hat gegenüber der stereographischen Projektion den Nachteil, dass nur die Streichrichtung, nicht aber die Fallrichtung der Klüfte dargestellt werden kann; ein Nachteil, der für dieses Gebiet nur geringe Bedeutung hat, da es sich hier um überwiegend senkrecht verlaufende Klufflächen handelt.

Wie aus der beigefügten Darstellung ersichtlich ist, können, wie allgemein, auch hier drei Klufsysteme unterschieden werden (Fig. 13—16):

- a) typische Längsklüfte mit oft über 200 m Länge, oft in Parallelscharen;
- b) Querklüfte, die die Schichten zwischen je zwei Längsklufflächen durchsetzen (orthogonales System);
- c) im Felde schwer zu erkennendes Schrägklufsystem, das in spitzem Winkel zu Längs- oder Querklüften verläuft.

*Gebiet zwischen Bodenmütteli-Spitzeren (Fig. 13)*

Streichen . . . . .	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59
Anzahl . . . . .	1	7	15	18	8	5
Streichen . . . . .	60—69	70—79	80—89	90—99	100—109	110—119
Anzahl . . . . .	6	1	0	2	5	3
Streichen . . . . .	120—129	130—139	140—149	150—159	160—169	170—179
Anzahl . . . . .	3	3	6	1	1	1

*Gebiet zwischen Spitzeren-Sodbachmühle (Fig. 14)*

Streichen . . . . .	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59
Anzahl . . . . .	4	5	11	3	8	7
Streichen . . . . .	60—69	70—79	80—89	90—99	100—109	110—119
Anzahl . . . . .	6	7	7	1	4	1
Streichen . . . . .	120—129	130—139	140—149	150—159	160—169	170—179
Anzahl . . . . .	0	3	3	3	1	7

*Gebiet zwischen Helfenberg-Grasburg-Schönfels (Fig. 15)*

Streichen . . . . .	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59
Anzahl . . . . .	14	7	5	3	1	0
Streichen . . . . .	60—69	70—79	80—89	90—99	100—109	110—119
Anzahl . . . . .	0	4	8	3	7	3
Streichen . . . . .	120—129	130—139	140—149	150—159	160—169	170—179
Anzahl . . . . .	2	1	2	5	3	3

*Wasserstollen (Wahlern-Steinhaus + Schösslistollen) (Fig. 16)*

Streichen . . . . .	0—9	10—19	20—29	30—39	40—49	50—59
Anzahl . . . . .	15	20	5	7	0	4
Streichen . . . . .	60—69	70—79	80—89	90—99	100—109	110—119
Anzahl . . . . .	0	1	0	3	1	1
Streichen . . . . .	120—129	130—139	140—149	150—159	160—169	170—179
Anzahl . . . . .	0	0	2	7	12	10

Vergleichen wir die Kluffrosen mit dem Verlauf der Senseschlucht im Gebiet des Blattes Schwarzenburg, so ist zweifellos eine grosse Übereinstimmung der Richtung des Sensebettes mit der Streichrichtung der Klüfte zu konstatieren.

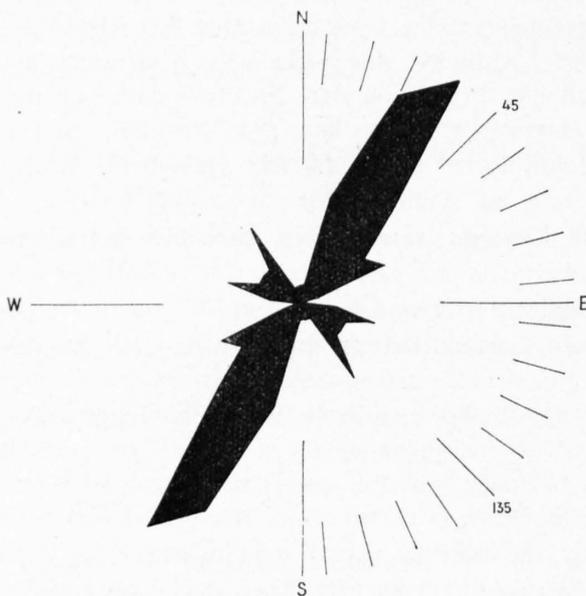


Fig. 13. Kluffrichtungen in den aquitanen und burdigalen Sandsteinen der Senseschlucht zwischen Bodenmätteli und Spitzeren

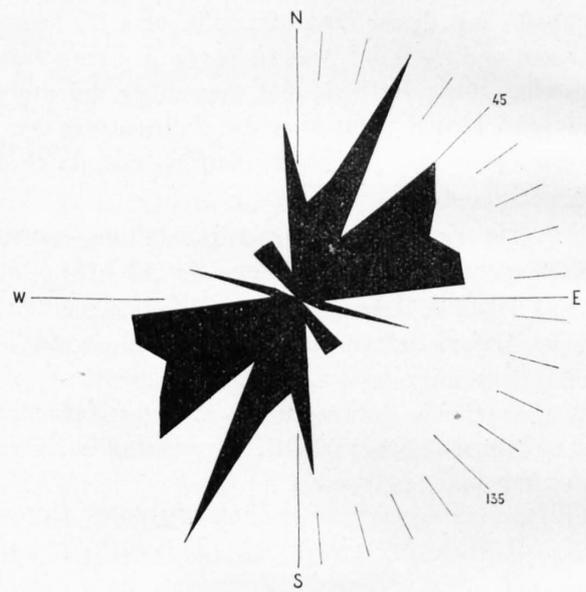


Fig. 14. Kluffrichtungen in den aquitanen und burdigalen Sandsteinen der Senseschlucht zwischen Spitzeren und Sodbachmühle

Wie Figur 13 zeigt, liegt im Gebiet zwischen Bodenmätteli und Spitzeren ein scharf ausgeprägtes Maximum mit 38% der hier gemessenen Klüfte im Sektor 25—35°. In geringerer Masse treten dazu die Querklüfte im Sektor 115—135°. Ein ausgesprochenes Minimum liegt im Sektor 0—10°. Die Schrägklüftung kommt hier weniger zur Geltung und zeigt ihr Maximum bei 105° und 145°. Ähnlich in der Richtung und ruhig im Verlauf ist auch die Senseschlucht in diesem Gebietsabschnitt.

Das nördlich anschliessende Gebiet zwischen Spitzeren und Sodbachmühle, das mit Figur 14 dargestellt ist, zeigt erhebliche Unterschiede gegenüber dem südlichen Abschnitt. Wohl liegt auch hier das Maximum im Sektor 20—30°; ausser diesem Ast tritt aber das im spitzen Winkel dazu verlaufende Schrägklüftsystem in Erscheinung. Weniger zum Ausdruck kommt hier das orthogonale System der Querklüfte. Diese Anordnung der Klüfte kann wohl mit der Tektonik dieses Gebietes in Beziehung gebracht werden: die Region liegt im nach E axial abtauchenden Scheitel der Schwarzenburg-Antiklinale; die Zerrungserscheinungen dürften sich hier am stärksten ausgewirkt haben. Der Verlauf der Senseschlucht scheint denn auch durch diese Verhältnisse beeinflusst.

Figur 15 stellt die Kluffverhältnisse im Gebiet zwischen Helfenberg und Grasburg-Schönfels dar. Der grösste Anteil der Streichrichtungen liegt im Sektor 0—20°, gleichzeitig schalten sich auch Klüfte

mit ausgesprochener Ostrichtung ein. Dies scheint sich auch im Verlauf der Schlucht zu dokumentieren, denn die Mäandrierung ist in diesem Abschnitt besonders ausgeprägt.

Zum Vergleich seien noch die Klüftungsverhältnisse im 1,4 km langen Wasserstollen von Wahlern beigefügt (Fig. 16): Die in allen Projektionen beobachtbare Vorzugsrichtung gegen NE, d. h. eine Schräg-

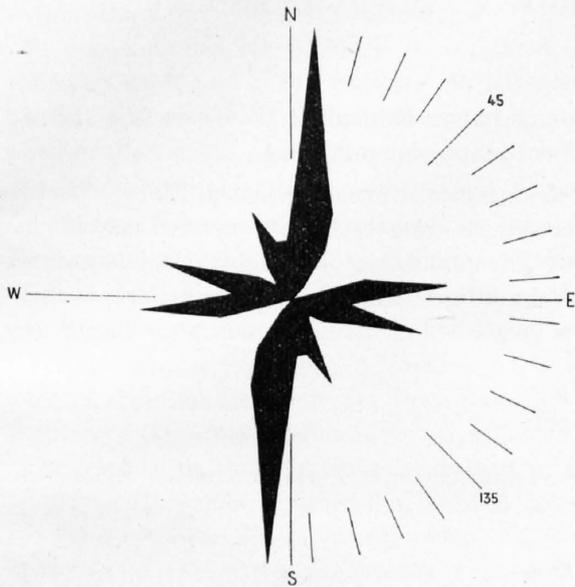


Fig. 15. Kluftrichtungen in den burdigalen Sandsteinen der Senseschlucht zwischen Schönfels-Grasburg und Helfenberg

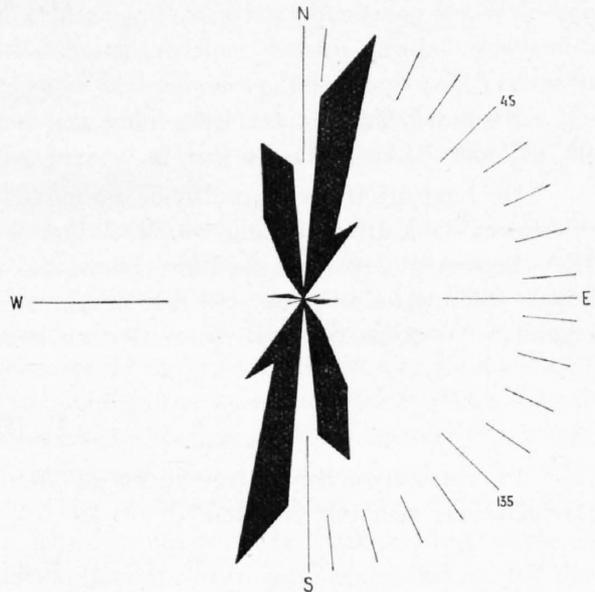


Fig. 16. Kluftrichtungen in den burdigalen Sandsteinen im Wasserstollen zwischen Stolzerenmühle und Steinhaus

kluftrichtung, kommt hier besonders zur Geltung. Die Äste im Sektor  $25-35^\circ$  und  $155-175^\circ$  gehören offenbar ein und demselben Schrägklüftsystem an.

Wir dürfen annehmen, dass die Klüftung bei der Entstehung der Senseschlucht mitbeteiligt war. Die bevorzugte Richtung der Klüfte bedingte Verlauf und Art der Schlucht. Den Beweis, dass diese Klüfte nicht etwa erst nach Entstehung der Schlucht als Sackungs- oder Entspannungserscheinungen zu deuten sind, liefern die ausgeprägt NNE-streichenden Klüfte im Wahlernstollen, in bedeutender Entfernung von der Senseschlucht, ferner die gegen N verlaufenden Klüftscharen in der Flußsohle bei der Schwarzwassermündung und südlich Thörishaus. Das Vorwiegen von Schrägklüftung spricht dafür, dass die gesamte Klüftung als Begleiterscheinung der Molassefaltung entstanden ist.

## II. Quartär

Über das Quartär der Umgebung von Schwarzenburg haben namentlich F. NUSSBAUM (Lit. 62, 63, 67) und B. AEBERHARDT (Lit. 2) manche wertvolle Beobachtungen publiziert.

Die Lage des Gebietes am Rande der maximalen Ausdehnung des würmeiszeitlichen Rhonegletschers erleichtert die Unterscheidung von Riss- und Würmablagerungen. Eng verknüpft mit den eiszeitlichen Gletscherbewegungen sind die Flussverlegungen der Sense. Wir sind daher gezwungen, glaziale und fluviatile Bildungen zusammen mit der Morphologie zu berücksichtigen, um zu einer Vorstellung der geologischen Vorgänge während dieser Zeit zu kommen.

### 1. Riss-Eiszeit

Die risseiszeitlichen Ablagerungen des Rhonegletschers sind einzig in Form erratischer Blöcke und fluvioglazialer Schotter erhalten.

#### Riss-Erratika

Folgende Erratika, meist der Molasse direkt aufliegend, dürften der Riss-Eiszeit zuzurechnen sein, weil sie ausserhalb der Seitenmoränen des Würm-Maximums liegen (siehe Taf. I):

Vallorcine-Konglomerat in 1040 m im Lonjebächlein unterhalb Wahlenhaus (Koord. 592 000/180 900).

Kristalliner Schiefer in 1000 m am Weg von Pfad nach Unter-Zahmisholz (Koord. 592 150/181 260).

Heller Granit (ca. 2 m<sup>3</sup>) unterhalb des Wasserfalls Spühlebach, südwestlich Pfad (Koord. 591 910/181 350).

Blockhaufen von Vallorcine-Konglomerat, Verrucano und kristallinen Gesteinen im Graben von Hohlehalten im Dorfwald auf 820 m (Koord. 590 800/182 540).

Heller Granit im Lischerenmoos östlich Waldgasse in 840 m (Koord. 521 520/183 210).

Dichter, zoogener Kalk und heller Granit auf Galtern westlich Stiersacker in 870 m (Koord. 593 520/184 110).

Braunvioletter Verrucano an der Strasse nach Milken unterhalb Stiersacker in 840 m (Koord. 593 690/184 220)

Ausser diesen Blöcken ist sicheres Moränenmaterial aus der Riss-Eiszeit nirgends angetroffen worden. Nach den Untersuchungen GILLIÉRON'S (Lit. 36) und NUSSBAUM'S (Lit. 62) erreichte die Eisgrenze des Rhonegletschers während der maximalen Ausdehnung in der Risszeit eine Höhe von über 1300 m. Der höchstgelegene erratische Block (Vallorcine-Konglomerat), der in dieser Gegend von GILLIÉRON entdeckt wurde, liegt östlich von Ottenleuebad am Südhang der Pfeife. Es ist deshalb anzunehmen, dass das gesamte Gebiet während dieser Zeit von einer mächtigen Eisschicht überdeckt wurde.

#### Zelgschotter

Unter dieser Bezeichnung sind alle jene Schottervorkommen zusammengefasst, die durch ihre übereinstimmende durchschnittliche Höhenlage von 860 m ü. M. auf eine in dieser Höhe ehemals zusammenhängende Landoberfläche hinweisen und ausserhalb des Maximalstandes der Würm-Vereisung liegen.

Diese schwach gegen N geneigte Ebene, die durch die spätere Durchtalung im Riss-Würm-Interglazial in N—S verlaufende Rücken zerlegt wurde, reichte wahrscheinlich bis etwa 950 m und lässt sich heute besonders nach E bis in das Gebiet des Längeneywaldes rekonstruieren. Die Zelgschotter gelangten offenbar nur im unteren Teil dieser Landoberfläche zur Ablagerung, der obere zeigt keine Schotterrelikte.

Die ausgedehntesten und mächtigsten Ablagerungen der Zelgschotter finden sich auf dem Allmendhubel zwischen Bodenmätteli und Klösterli südlich Schwarzenburg. Kleinere, unbedeutende Relikte sind auf dem Violenhübel (Koord. 591 750/183 000), bei Stiersacker (Koord. 593 610/184 120), Zelg (Koord. 593 820/184 600) und Galgenzelg (Koord. 593 560/184 990) aufgeschlossen.

Im Gebiet von Bodenmätteli (Koord. 590 160/183 040) sind die hier stark verfestigten, grobgerölligen Schotter in einer Mächtigkeit von ca. 30 m durch eine Rutschung gegen die Senseschlucht zu freigelegt worden. Sie scheinen hier in eine breite und tiefe Rinne in der Molasse eingelagert. Eine kleine aufgelassene Schottergrube auf der Ebene (P. 890) und der kiesige Waldboden vermitteln den Zusammenhang mit den Vorkommen von Kleegarten und Waldgasse, die teils verfestigte, teils lose, sandreiche Schotter aufweisen. Dank ihrer Verfestigung bilden die Schotter einen deutlichen Schichtkopf, der durch das Wäldchen von Allmendhubel bis Klösterli zu verfolgen ist. Hier werden sie in einer grossen Grube ausgebeutet. Mächtige, grob- und kleingeröllige, z. T. deltageschichtete Kiese wechseln hier mit Sandlagen ab. Vereinzelt wurden gekritzte Kalke angetroffen. Neben vielen Flysch- und Molassegeröllern sind Valloresine-Konglomerate, Verrucano, Arolla-Gneisse und helle Granite (unbekannter Herkunft) beobachtet worden, die den Zusammenhang dieser Schotter mit dem Rhonegletscher beweisen.

Diese Schottervorkommen waren bereits NUSSBAUM (Lit. 62) und AEBERHARDT (Lit. 2) bekannt. NUSSBAUM betrachtete sie als Ablagerung des Würm-Maximums, während AEBERHARDT sie mit dem vorrisszeitlichen Hochterrassenschotter parallelisierte. Wie wir weiter unten sehen werden, kennzeichnet der Moränenzug, der sich vom Schwennyhubel über Amselboden, Voremberg-Höhe, Brännacker gegen NE hinzieht, die maximale Ausdehnung des Rhonegletschers in der Würm-Eiszeit. Die diesen Wällen vorgelagerte Schotterebene der Dorfmatte und von Langenwil liegt als Ausfüllung des Beckens, das als Folge einer langandauernden Erosionsperiode in die Landoberfläche der Zelgschotter eingeschnitten wurde, bedeutend tiefer als jene. Sie zeigt zudem an keiner Stelle irgendwelchen Zusammenhang mit den Zelgschottern. Nirgends ist über den Zelgschottern Grundmoräne beobachtet worden, die auf ein vorrisszeitliches Alter deuten würde. Die Zelgschotter können daher als eine Ablagerung in einer randlichen Schmelzwasserrinne des sich zurückziehenden risszeitlichen Rhonegletschers auf der oben erwähnten Landoberfläche betrachtet werden, die in der nachfolgenden zwischeneiszeitlichen Erosionsperiode durchtalt wurde.

Gegen SW ist die Fortsetzung der Zelgschotter durch den Würmgletscher verwischt worden. Möglicherweise bilden die Zelgschotter, wie dies AEBERHARDT (Lit. 2) bereits annahm, die Fortsetzung der 940 m hohen Schotterterrasse von Tschüpleren zwischen Plasselb und Plaffeien, die TERCIER (Lit. 82) ebenfalls als spätriss deutete.

## 2. Riss-Würm-Interglazial

In diese Zeit fällt die Periode stärkster Erosion. Die Sense fand ihren Abfluss aus dem Plaffeier Becken über das Gebiet des heutigen Gotterontales gegen Maggenberg-Tafers (vgl. hierzu GILLIÉRON, Lit. 36; BÄRTSCHI, Lit. 3; R. FREY, Lit. 16; AEBERHARDT, Lit. 2; MOLLET, Lit. 58; BÜCHI, Lit. 7, 8). Die Basis dieser Rinne wurde anlässlich einer Untersuchung der Grundwasserverhältnisse in der Gegend von Hofmatt bei Alterswil in einer Höhe von 640 m festgestellt. Sie liegt demnach in ungefähr gleich hohem Niveau, wie der heutige Senselauf. Im Gegensatz zu den anderen erwähnten Autoren stellt Büchi die Bildung dieses Senselaufes durch das Gebiet des oberen Gotteron in die Mindel-Riss-Zwischeneiszeit, entsprechend der tiefsten Rinnenbildung der Nordschweiz. Nach seiner Auffassung floss die Sense zu dieser Zeit vom oberen Gotteron gegen Heitenried-Niedermuhren. Diese Annahme, die, wie Büchi (Lit. 8) später selbst hervorhebt, stark hypothetisch ist, dürfte, wie wir sehen werden, den Tatsachen kaum entsprechen.

Die Sodbachschlucht ist ebenfalls in dieser Zwischeneiszeit als Entwässerungsrinne des westlichen Guggisberger und Schwarzenburger Gebietes angelegt worden. Dafür sprechen besonders die bereits von AEBERHARDT (Lit. 2) beschriebenen Hängetälchen von Bodenmätteli-Schwenny und Amselboden-Blattera (vgl. Tafel I). Sie verlaufen quer zur heutigen Senseschlucht. Ihre Sohlen über der östlichen Senseschluchtwand liegen stets höher als ihre westlichen Fortsetzungen und deuten somit auf Zuflussrinnen in den interglazialen Sodbach hin, die im Würm-Maximum von dem gegen das Gebiet von Schwarzenburg verdrängten Senselauf durchschnitten wurden.

Das Sodbachtal hatte in seinem nördlichen Teil einen von der heutigen Schlucht etwas abweichenden Verlauf. Der Abfluss erfolgte durch die von Büchi (Lit. 7) entdeckte Rinne nordöstlich Konradshaus.

Diese mit Schottern gefüllte Rinne durchschneidet den Molassesporn westlich Sodbachholz (siehe Fig. 17). Ihre Basis reicht aber nicht, wie BÜCHI vermutet, unter die Felssohle des heutigen Sodbaches oder gar der heutigen Senseschlucht. Ein kräftiger Grundwasseraufstoss oberhalb der Ofenhausmatte erleichtert das Erkennen dieser Rinne <sup>1)</sup>.

Der weitere Verlauf des riss-würm-interglazialen Sodbaches lässt sich ohne weiteres rekonstruieren: Der Abschnitt der heutigen Senseschlucht zwischen Sodbachmühle und Grasburg bildet seine natürliche Fortsetzung und die mit Schottern gefüllte Rinne zwischen Schlössli und der Ruine Grasburg (Koordinaten 592 000/187 000) kann als ein Abschnitt der alten Sodbachschlucht betrachtet werden. Die weitere Fortsetzung des alten Sodbachtales finden wir bei Harris genau in der Axe der eben erwähnten Grasburg-rinne. Südlich P. 732 bei Harris dürfte seine Sohle, die durch eine grössere Rutschung verdeckt ist, bis auf ca. 650 m hinabgereicht haben. Von Harris verlief das Tal offensichtlich nach NW gegen Albligen-Überstorf. Eine das Tafernatal durchsetzende Flussrinne konnte von BÜCHI (freundliche persönliche Mitteilung) bei Wünnewil festgestellt werden; sie entspricht wahrscheinlich der Fortsetzung des alten Sodbachlaufes in diesem Gebiet. Die Vermutung NUSSBAUMS (Lit. 62, 67) und BÄRTSCHIS (Lit. 3), dass das Tal von Albligen von einem Gewässer gebildet wurde, das von Osten, vom Gebiet von Schwarzenburg herkam, dürfte sich kaum bestätigen, denn es fehlen Anhaltspunkte, die auf eine Rinne in entsprechender Höhe an der östlichen Schluchtwand der heutigen Sense hinweisen.

Im Gebiet von Schwarzenburg bildeten sich in dieser Zwischeneiszeit das Becken von Schwarzenburg und das Tal des Dorfbaches. Diese Talbildung ist nicht auf die Erosionstätigkeit eines der Sense tributären Dorfbaches im Würm-Maximum zurückzuführen, wie dies AEBERHARDT annahm. Wir müssen eher vermuten, dass diese Talbildung das Resultat einer rückschreitenden Erosion aus dem Gebiet des Schwarzwassers durch dasjenige des heutigen Burgbachgrabens ist.

Die Durchtalung der risseiszeitlichen Landoberfläche scheint sich im Gebiet von Schwarzenburg in zwei Phasen vollzogen zu haben. Die erste Phase ist noch in den Molasseterrassen von Weidhaus, Mühleweg, Schiltberg, Farnacker und Eigen im südlichen Teil des Dorfbachtales erhalten (vgl. Taf. I). Alle diese Terrassen liegen in einem Niveau von ca. 840 m. In der zweiten Phase wurde das Dorfbachtal bis auf ca. 40 m unter die heutige, 810 m hohe Taloberfläche, d. h. auf 760—770 m, erodiert, wie dies aus den Bohrungen im Dorfbachtal hervorgeht.

### 3. Würm-Eiszeit

#### Vorstoss des würmeiszeitlichen Rhonegletschers

Durch den Vorstoss des würmeiszeitlichen Rhonegletschers wurde der über Alterswil führende Senselauf abgeriegelt, und es kam zur Bildung eines Stausees im Becken von Plaffeien und im interglazialen Sensetal. Die Seetone sind sowohl im Becken von Plaffeien wie bei Alterswil durch Bohrungen nachgewiesen. Das Bohrprofil, das anlässlich der Grundwasseruntersuchung bei Hofmatt östlich Alterswil aufgenommen werden konnte, zeigt Flußschotter und -sande, die mit blauen und gelben Lehmen in einer Mächtigkeit von ca. 18 m wechsellagern und von einer 15 m mächtigen Grundmoränendecke überlagert werden (vgl. BÜCHI, Lit. 8). Im Kartengebiet sind diese Schotter südlich Benewil—Alterswil im Schotterrücken auf der Breita, sowie bei Medewil in bedeutender Mächtigkeit nachweisbar. Vorzüglich aufgeschlossen sind sie in der Staatsgrube südlich Benewil. Die überwiegend kleingerölligen Kiese und reinen Sande weisen mit ihrer vorzüglichen Schichtung auf fluviale Entstehung hin. Glaziales Grobmaterial fehlt vollständig. Die Gerölle bestehen aus präalpinen und Walliser Gesteinen.

Die in der erwähnten Bohrung nachgewiesene Grundmoräne über den Schottern dürfte den eigentlichen Gletschervorstoss in unser Blattgebiet kennzeichnen. Die Folge dieses Vorstosses war die Verdrängung der Sense aus diesem Lauf und ihre Ablenkung gegen Nordosten.

---

<sup>1)</sup> Der ca. 1200 lt/min. spendende Grundwasseraufstoss ergießt sich nicht direkt in den tiefer gelegenen Sodbach, sondern fließt oberhalb desselben ca. 200 m hangparallel. Aufstoss und Abfluss sind offenbar durch eine Molasseschwelle bedingt.

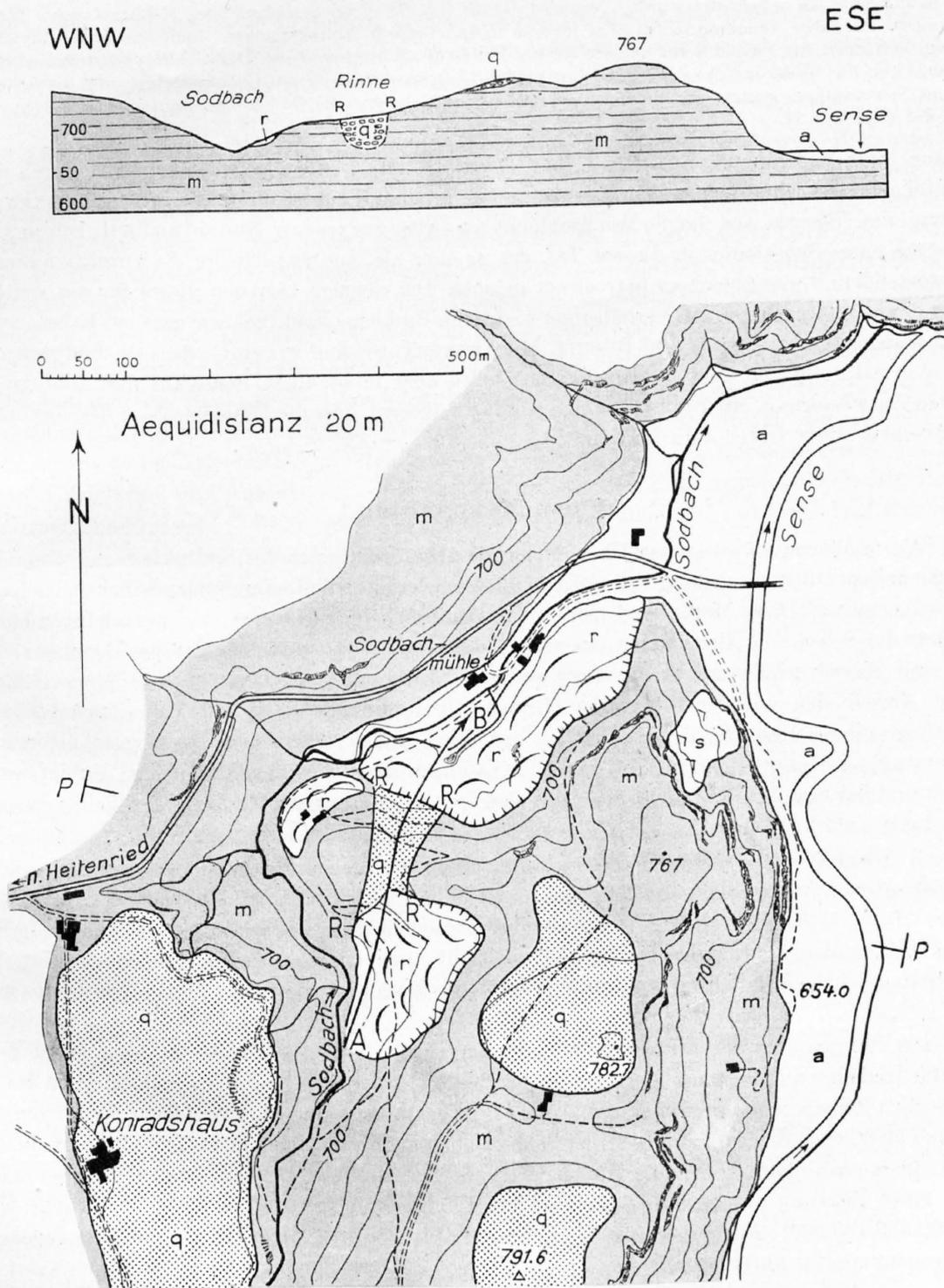


Fig. 17. Situationsplan des untersten Teils der Sodbachschlucht (mit Profil)  
Maßstab 1 : 8000

a = Alluvionen,  
 s = Sackung,  
 r = Junge Rutschgebiete,  
 q = Moränen und Schotter der Würm-Eiszeit,  
 m = Anstehende Molasse (Aquitaniens und Burdigalians).

A ———> B = Verlauf der interglazialen Sodbachrinne,  
 R ——— R = Rand dieser Rinne,  
 P ——— P = Tracé des obenstehenden Profils.

Wie auf Seite 53 angedeutet wurde, vermutet BÜCHI (Lit. 7) einen Senselauf über Mellisried gegen Heitenried-Niedermuhren. Für diese Annahme fehlen aber jegliche morphologische Anhaltspunkte. Auch sind keine fluviatilen Ablagerungen vorhanden, auf Grund derer sich ein solcher Flusslauf nachweisen liesse. Das Gebiet von Mellisried trennt als Molasserücken die Niederung des Littiswilbaches südlich Heitenried vom oberen Gotterongebiet, und die Schotter von Lehwil und Niedermuhren stellen, wie die vielen gekritzten Geschiebe und die Gerölle beweisen, eine typisch glaziale Ablagerung dar (vgl. Taf. I).

Nach ihrer Verdrängung aus dem Gebiet des Gotterons dürfte die Sense zunächst durch das alte Sodbachtal geflossen sein, wie dies AEBERHARDT bereits annahm. Er fasst allerdings, im Gegensatz zu unserer Auffassung, den höheren Teil der Sodbachschlucht als interglazialen Senselauf auf. BÜCHI verneint die Existenz eines Senselaufes in diesem Tal, das er eher als eine randliche Schmelzwasserrinne des vorstossenden Rhonegletschers betrachten möchte. Die richtige Deutung dieses für die weitere Beurteilung der quartärgeologischen Verhältnisse wichtigen Problems liegt, wie wir gesehen haben, zwischen den Auffassungen AEBERHARDTS und BÜCHIS. Mit AEBERHARDT sind wir einig, dass die Sodbachschlucht im Riss-Würm-Interglazial gebildet wurde. Sie stellte aber nicht einen Senselauf dar, sondern diente der lokalen Entwässerung. Mit BÜCHI stimmen wir darin überein, dass die Schmelzwässer des vorstossenden Rhonegletschers diese Rinne benützt haben.

### Würm-Maximalstand

Im Würm-Maximum stiess der Rhonegletscher über das Gebiet des Sodbaches und der heutigen Senseschlucht gegen Schwarzenburg vor und brachte die bekannten Seitenmoränen westlich von Schwarzenburg zur Ablagerung. Diese Moränen ziehen sich in einer mehr oder weniger zusammenhängenden Walllinie östlich der Sense von Amselboden (westlich Langenwil) über Voreberg, Höhe, Brunnacker gegen NE. Sie sind überwiegend stark verschottert und zeigen nur selten die typische Kammlinie. Einzig der Wall von Amselboden weist viel Erratika (Granite, kristalline Schiefer und Vallorcinekonglomerate) auf. Die Fortsetzung dieses Wallzuges westlich der Sense findet sich in dem stark verschotterten Wall von Schwennyhubel und undeutlich in den Glazialablagerungen bei Herrgarten. Im Gebiet zwischen Schwenny und Leist ist der Wall nicht mehr erhalten, zeigt sich hingegen wieder in deutlicher Ausbildung zwischen Leist und Brünisried bis nach Plasselb (vgl. Tafel I und AEBERHARDT, Lit. 2).

Durch diesen Vorstoss wurde die Sense weiter gegen E abgelenkt. Der Gletscher drängte sie gegen die Guggisberger Anhöhen und schüttete gleichzeitig den Lauf im Gebiet des heutigen Sodbaches zu (siehe Fig. 17). Die Sense grub sich ihr neues Bett zwischen Guggersbach und Amselboden, erreichte durch das Hängetälchen bei Amselboden und vielleicht auch durch das Gebiet nördlich Wannhalten (Fuhrwald) das Becken von Schwarzenburg, das durch die Moränenbarriere des Würm-Maximums gestaut wurde.

Wie aus Bohrprofilen der Dorfmatte entnommen wurde, kamen in diesem Stausee zuerst Seetone in einer Mächtigkeit von 19 m zur Ablagerung. Solche Seetone treten heute am rechten Ufer des Sodbaches nördlich Schwarzenburg zutage (vgl. Tafel I). Über diesen blauen Letten folgen Sande und Kiese, und in dem näher gegen Schwarzenburg zu gelegenen Gebiet auch verschwemmtes Grundmoränenmaterial; dies zeigt die unmittelbare Nähe des Rhonegletschers an. Ähnliche Beobachtungen konnten kürzlich anlässlich einer Bohrung auf Grundwasser bei der Milchsiederei von Schwarzenburg gemacht werden (Koord. 592 380/185 000). Auch hier wurde zuerst eine bis 2 m mächtige Schicht von verschwemmtem Grundmoränenmaterial durchfahren, die von ca. 20 m mächtigen Sanden und Kiesen unterlagert wird.

### Würm-Rückzugsphasen

Nach der Auffüllung des Schwarzenburger- und offenbar auch des Elisrieder-Beckens bis auf das Niveau von 810 m floss die Sense im Gebiet des heutigen Burgbaches gegen das Schwarzwasser.

Ein erster Rückzug des Gletschers ermöglichte den Durchfluss der Sense über Schwarzenburg gegen das Schwarzwasser. Die Folge davon war die Eintiefung in die Stauschotterfläche bis auf 800 m. Dieser Phase entsprechen im Gebiet von Schwarzenburg die Ebene von Boden bei Langenwil, die Flächen der Freiburgstrasse, des Marktplatzes und des Schulhauses. Etwas später erfolgte die Erosion auf das Niveau

von 780 m. Wir erkennen diese Eintiefung in den Flächen im Gebiet des Dorfbaches gegen Stolzerenmühle und westlich der Säge (vgl. Taf. I). Die Terrassen lassen sich von W nach NE deutlich verfolgen; ihr Verlauf und ihr stufenweises Absinken verraten uns die Abflussrichtung der Sense in diesem Zeitabschnitt.

In die erste vollendete Rückzugsphase fällt die Bildung der Moränenwälle von Helfenstein-Hubel, Scheuer und Helfenberg-Hauenthal sowie die Moränenrelikte P. 795 und 786 bei Henzenried. Während dieser Zeit floss die Sense teilweise durch die Niederung von Häusern, teilweise dürfte sie aber auch noch ihren früheren Lauf über Schwarzenburg genommen haben. Im Gebiet von Häusern sind — wie durch den Bau des Wasserstollens von Wahlern festgestellt worden ist — überwiegend Schlammsande abgelagert worden. Auch dieser kleine Trog, der sich über Buchen bis Häusernhohle hinzieht und sich durch den Einschnitt zwischen dem Wahlern-Kirchhügel und Höhe gegen den Burgbach zu entwässerte, ist zeitweilig gestaut worden. So zeigt uns ein Bohrprofil aus diesem Gebiet ca. 16 m mächtige, blaue Seetone.

Mit dem weiteren Rückzug des Rhonegletschers fand die Sense ihr altes Flussbett zwischen Sodbach und Grasburg, floss aber nicht mehr über Albligen gegen W, sondern der Flanke des Gletschers folgend gegen N zu, wo sie bei Äckenmatt den alten Schwarzwasserlauf fand. Die Moränenbarriere des Maximalstandes bei Schwenny und Amselboden sowie diejenigen der ersten Rückzugsphase zwischen Henzenried und Helfenstein und Hubel-Scheuer wurden im Gebiet des Fuhrwaldes und von Brünnbach durchbrochen.

Wir dürfen annehmen, dass dieses Stadium während einer gewissen Zeit stationär blieb. Die Bildung einer einheitlichen Senseschlucht vollzog sich, bedingt durch die starke Zerklüftung der Sandsteine (s. S. 51) in relativ kurzer Zeit. Gleichzeitig bahnten sich die Schmelzwässer des Rhonegletschers in der Sodbachschlucht westlich der zugeschütteten Rinne einen neuen Weg (siehe Figur 17). Noch zeugen die prächtigen Strudellöcher im südlicheren Teil der eigentlichen Sodbachschlucht von der Tätigkeit dieser Schmelzwässer.

Nachdem die Sense vom Gletscher einmal unabhängig war, sind die späteren Rückzugsphasen des Rhonegletschers nicht mehr mit gleicher Deutlichkeit zu erkennen. Die in Relikten vorhandenen Glazialablagerungen von Lehwil und Niedermuhren stellen mit ihrer wallähnlichen Form wahrscheinlich eine Rückzugsphase dar, während welcher die Tälchen des Littiswilbaches und des Menzishausbaches als Schmelzwasserrinnen gebildet wurden. Um Ablagerungen einer noch späteren Phase handelt es sich offenbar bei den isolierten Schotterresten im Tafernagebiet. Das grösste dieser Vorkommen findet sich auf dem Hübeli südlich St. Antoni. Es handelt sich um sandreiche, z. T. deltageschichtete Schotter, die vereinzelt grössere Blöcke enthalten.

In diesem Zusammenhang sei noch auf die wichtigsten erratischen Blöcke der Würmeiszeit hingewiesen, die im Kartengebiet angetroffen wurden:

Vallorcine-Konglomerat	( 8 m <sup>3</sup> )	im Junkerngraben (Koord. 586 575/183 775),
Hornblendegestein	(ca. 3 m <sup>3</sup> )	» » (Koord. 586 575/183 775),
Smaragditgabbro	(ca. 1 m <sup>3</sup> )	bei Menzishaus (zerstört).

Aus der Spärlichkeit der Ablagerungen im Gebiet des sich zurückziehenden Rhonegletschers geht hervor, dass dieser in erster Linie die Rolle einer stauenden und schiebenden Eisbarriere spielte; dadurch erklärt sich auch die oft nur sehr dünne Moränendecke.

#### 4. Alluvium

##### Felsstürze und Rutschungen

Felsstürze sind im Gebiet des Blattes Schwarzenburg einzig in der Senseschlucht und in den Gräben des Tafernagebietes (Grossholzgraben, Hübeli) anzutreffen; die Oberflächengestaltung schliesst Blockstürze im übrigen Gebiet aus. Die Felsstürze sind primär bedingt durch die der Schlucht parallel verlaufenden Klüfte (vgl. S. 49). Obwohl sie in der ganzen Länge der Senseschlucht zu beobachten sind, lassen sich doch grössere Blocksturzgebiete abgrenzen. Diese finden wir vorzugsweise in jenen Gebieten, in denen das Aquitanien in grösserer Mächtigkeit zutage tritt. Weil diese Schichten leichter verwittern, wird den massigen burdigalen Sandsteinen die stützende Unterlage entzogen. Solche Felssturzgebiete

treten namentlich in der Gegend zwischen Sodbach und Schwenny im Scheitel der Schwarzenburg-Antiklinale auf.

Rutschungen von einiger Bedeutung finden sich ebenfalls über der Senseschlucht. Ihre Lage weist auf die eiszeitlichen Rinnen und Senseläufe hin. So beobachtet man Rutschgebiete mit zahlreichen Quellaustritten im Gebiet von Brünnbach, im Fuhrwald und bei Harris, sowie bei Brünacker gegen den Burgbachgraben.

Schlipfe von nennenswertem Ausmass treten über den mergeligen Sandsteinen des Helvétien bei Eisengruben, bei Schilperscheuer und oberhalb Milken auf. Die Schlipfwülste weisen oft eigenartige Formen auf, so dass der Erdschlipf unterhalb Eisengruben von den Anwohnern als mittelalterliche bergbauliche Schürfung angesehen wurde. Diese Vermutung dürfte in den Namen der umliegenden Höfe (Eisengruben, Grubenscheuer, Grubenboden) zum Ausdruck kommen.

### Moore

Grosse Verbreitung haben die vermoorten Gebiete in den Niederungen des Dorfbaches, im Quellgebiet des Sodbaches und in der Umgebung von Niedermuhren. Sie sind indessen in den letzten Jahren zum grössten Teil drainiert und zu Kulturland gemacht worden. Ein einziges noch erwähnenswertes Torfmoor, das «Gänsemoos», liegt nördlich Wahlern. Torfausbeute findet hier jedoch keine statt.

### Quelltuffabsätze

Abbauwürdige Quelltuffabsätze erwähnt die ältere Literatur (GILLIÉRON, Lit. 36; DE GIRARD, Lit. 37) aus der Gegend von Schwenny. Man trifft Quelltuff fast überall an der Grenze Molasse-Diluvium, besonders dort, wo sich das aus den Diluvialschottern austretende Grundwasser in den Rinnsalen über der Senseschlucht ausbreiten kann. Ein grösseres Tuffvorkommen, das früher offenbar ebenfalls abgebaut wurde, findet sich unterhalb der grossen, gefassten Quelle der Wasserversorgung der Stadt Bern bei Stolzernmühle. Der Quelltuff wurde früher für Bauzwecke verwendet; so wurde die mächtige Grasburg zum grossen Teil aus Tuffquadern gebaut.

### Quellen und Grundwasseraufstösse

Das Schwarzenburger Land ist im Gegensatz zum angrenzenden freiburgischen Gebiet reich an Quellen. Dieser Unterschied ist auf die verschiedene diluviale Gestaltung der beiden Gebiete zurückzuführen. Wir haben östlich der Sense eine zusammenhängende Schotterebene über Seetonen, die sich als Grundwasserträger vorzüglich eignet und deren Grundwasserströme zu grösseren Fassungen Anlass gegeben haben. Im freiburgischen Gebiet fehlen diese Schotter mit Ausnahme der Schotter von Alterswil.

Am Nordhang des Guggisberger Massivs treten über den Mergelschichten des Helvétien sehr ergiebige und qualitativ vorzügliche Quellen zutage. Schlecht sind dagegen die Quellverhältnisse für die Gehöfte auf den Molassehöckern. Hier sind oft Sodbrunnen anzutreffen, die in bezug auf Reinheit und Ergiebigkeit sehr fragwürdig sind.

Wir unterscheiden folgende Quelltypen:

Molassequellen: Treten in der Regel dort auf, wo Klüfte an undurchlässigen Mergel- oder Nagelfluhschichten absetzen, so z. B. an der Pösch (Freiburgstrasse) über der Scherli-Nagelfluh und im Gebiet des Guggershorns über den Mergelschichten des Helvétien.

Schotterquellen: Zu diesen sind sämtliche Wasseraustritte über der Senseschlucht und im Gebiet der Taferna an der Grenze zwischen Diluvium und Molasse zu zählen. Die ergiebigsten Quellen finden sich meist an den Anschnitten der Schotterplateaux von Schwarzenburg und Elisried. Die meisten von ihnen sind gefasst worden, so diejenigen von Brünnbach und bei der Stolzerenmühle.

Grundwasseraufstösse: Ein ungefasster Grundwasseraufstoss mit einer Ergiebigkeit von ca. 1200 l/min. findet sich oberhalb der Ofenhausmatte im Sodbach. Als Wasserspeicher dient die auf S. 54 beschriebene, mit Schotter gefüllte Schmelzwasserrinne. Weitere gefasste Grundwasseraufstösse hat BÜCHI (Lit. 8) aus der Gegend von Hofmatt bei Alterswil erwähnt.

Die 1920 im Auftrag der Wasserversorgung von Bern untersuchten Grundwasserverhältnisse in der Dorfmatte erwiesen sich als zu wenig ergiebig. Immerhin deckt die Gemeinde Schwarzenburg einen Teil ihres Wasserbedarfes aus diesem Gebiet. Das Wasser wird von Schönenboden auf den Allmendhubel gepumpt. Das von der städtischen Wasserversorgung Bern gefasste Quellwasser von Brünnbach, Stolzerenmühle, Elisried und Hostatt fließt durch begehbare Wasserstollen zur Meßstube von Truggli und von dort in einer Hauptleitung nach der Stadt. Der längste dieser Stollen zieht sich von Stolzerenmühle unter dem Kirchhügel von Wahlern bis zum Schulhaus Steinhaus; kleinere Stollen mit gegen die Senseschlucht führenden Stollenfenstern verbinden die Quellfassungen von Brünnbach über Schlössli mit der Leitung von Wahlern (über die Lage dieser Stollen wird das später erscheinende Blatt 332—335 Neuenegg-Oberbalm-Schwarzenburg-Rüeggisberg des Geologischen Atlas der Schweiz 1:25 000 orientieren).

---

### III. Nutzbare Ablagerungen

#### Bausandsteine

Die zahlreichen grösseren und kleineren Steinbrüche, die im Gebiet des Blattes Schwarzenburg ausschliesslich in der Zone der burdigalen Bausandsteine angelegt wurden, sind zum grössten Teil aufgelassen. Die kleineren dienten offenbar nur dem momentanen Bedarf der umliegenden Gehöfte, so z. B. westlich Stiersacker und bei Menzishaus, während die Ausbeute grösserer Steinbrüche auch für öffentliche Bauten verwendet wurde (Steinbrüche im Hölzli südlich Schwarzenburg, bei St. Antoni und bei Alterswil). Einzig in den Steinbrüchen unterhalb Helfenstein und im Spitalholz nördlich Alterswil werden heute noch ab und zu Sandsteinplatten gewonnen, die zur Herstellung von Ofenplatten dienen. Im «Steinbruchband» der Geotechnischen Kommission (Lit. 61) sind über die Bausandsteine von Beauregard bei Freiburg nähere Angaben über spezifisches Gewicht, Porosität, Druckfestigkeit etc. enthalten, die annähernd auch für die burdigalen Sandsteine von Blatt Schwarzenburg gelten dürften. Der Karbonatgehalt wurde volumetrisch festgestellt und variiert in den verschiedenen Lagen von 10,7—25%.

#### Guggisberger Kalknagelfluh (Helvétien)

Während man die polygene Scherli-Nagelfluh an keiner Stelle ausbeutet, werden in der Staatsgrube bei Kalchstätten alljährlich grössere Mengen Nagelfluh gebrochen und mit dem Steinbrecher zu Strassenschotter und Splitt verarbeitet. Die Ausbeute dient ausschliesslich zur Beschotterung der Strassen jener Gebiete, die keine diluvialen Schotter aufweisen, so z. B. im besonderen für die Umgebung von Guggisberg.

#### Diluviale Schotter und Sande

Das Gebiet des Blattes Schwarzenburg, besonders der freiburgische Teil, ist relativ arm an diluvialen Schottern. Grössere Schottergruben, vereinzelt auch in den verschwemmten Moränenwällen angelegt, finden sich bei Benewil-Alterswil, Zumholz bei St. Antoni, Niedermuhren, Langenwil, Voremburg, Waldgasse und Klösterli. Die Schotter und Sande dienen sowohl für die Strassenbeschotterung wie auch für Bauzwecke.

#### Kalktuffe

Abbauwürdige Kalktuffe erwähnt nur die ältere Literatur (GILLIÉRON, Lit. 36; DE GIRARD, Lit. 37) aus der Gegend von Schwenny. Nach den Angaben der Anwohner sind die Quelltuffvorkommen bei Stolzerenmühle (Koord. 593 550/185 475) früher ebenfalls abgebaut worden.

#### Pflastersteine

Aus dem rezenten Senseschotter werden die grossen Gerölle von Flyschsandstein ausgelesen und zu Pflastersteinen verarbeitet. Die Produktion dürfte jährlich einige 100 m<sup>3</sup> betragen.

## IV. Zusammenfassung

### Molasse

#### Stratigraphie:

Die Schichtfolge umfasst die Stufen vom Aquitanien bis zum ?Tortonien. Westlich Schwarzenburg konnte im Kern einer Antiklinale das Aquitanien durch Fossilien (*Cepaea* cf. *rugulosa* ZIETEN) sicher nachgewiesen werden. Es sind dies die ersten Fossilfunde im Aquitanien zwischen Bern und Freiburg. Schichtungsart und das Fehlen von Glaukonit und Foraminiferen weisen zweifellos auf eine Ablagerung in einem Süswassersee hin. Die bunten Mergel sind zur Unterscheidung zwischen Burdigalien und Aquitanien dienlich, besitzen dagegen im Aquitanien selbst keinen Leitwert.

Als Grenze gegen das Burdigalien konnte ein Konglomerathorizont, die Scherli-Nagelfluh, festgestellt werden. Dieses burdigale Basiskonglomerat stellt eine durch zeitweiliges Überfluten durch das Miocaenmeer umgelagerte Strandablagerung dar, die als Restsediment fast ausschliesslich aus Quarziten und Kristallingeröllen besteht. Die burdigalen Sandsteine sind, wie die Fossilfunde beweisen, ebenfalls mariner Entstehung.

Es gelang, die Grenze zwischen Burdigalien und Helvétien mit einiger Wahrscheinlichkeit festzulegen. Durch den Fossilhorizont von Pfadscheuer, der die gleichen Arten aufweist wie die Zone der «Petrefaktenlager» am Belpberg und Imihubel, wurde eine sichere Parallelisierung mit dem Helvétien südlich von Bern möglich. Innerhalb des Vindobonien konnten mehrere Leithorizonte festgestellt werden, die eine Gliederung in einzelne Abschnitte gestatten. Dagegen ist eine genaue Parallelisierung dieser Horizonte mit einzelnen Horizonten der Berner Molasse wegen des Einflusses des Guggisberger Schuttfächers nicht durchführbar.

Das Tortonien des Schwendelbergs und des Guggershorns konnte paläontologisch nicht belegt werden. Die Zuweisung in diese Stufe dürfte aber wegen des Fehlens des Glaukonits und der Foraminiferen in den Sandsteinen, sowie wegen der lithologischen Ähnlichkeit mit den limnischen Sandsteinen der Giebelegg und auf Grund der Mächtigkeitsverhältnisse als erwiesen gelten.

#### Sedimentpetrographie:

Guggisberger Nagelfluh. Sie stellt eine grobgeröllige Kalknagelfluh dar, die überwiegend aus gelben Flyschsandkalken und Flyschsandsteinen besteht. Lokale Abweichungen in der Geröllführung (Zunahme der quarzitischen und kristallinen Komponenten) weisen auf eine Überschneidung des Emmentaler und des Guggisberger Schuttfächers hin. Dünnschliffuntersuchungen der verschiedenen Geröllarten ermöglichen, für einen grossen Teil der Gerölle die Herkunft annähernd zu bestimmen. Sie stammen zum grössten Teil aus den präalpinen Decken. Abgesehen von ultrahelvetischen Geröllen sind keine helvetischen Gesteine gefunden worden. Einige Molassegerölle deuten auf Aufarbeitung aus älteren Molasseschichten hin.

Schweremineral-Führung. Die Schweremineral-Untersuchungen erlauben weder eine sichere Stützung der stratigraphischen Gliederung noch eine Fazieszuweisung der Molasseschichten.

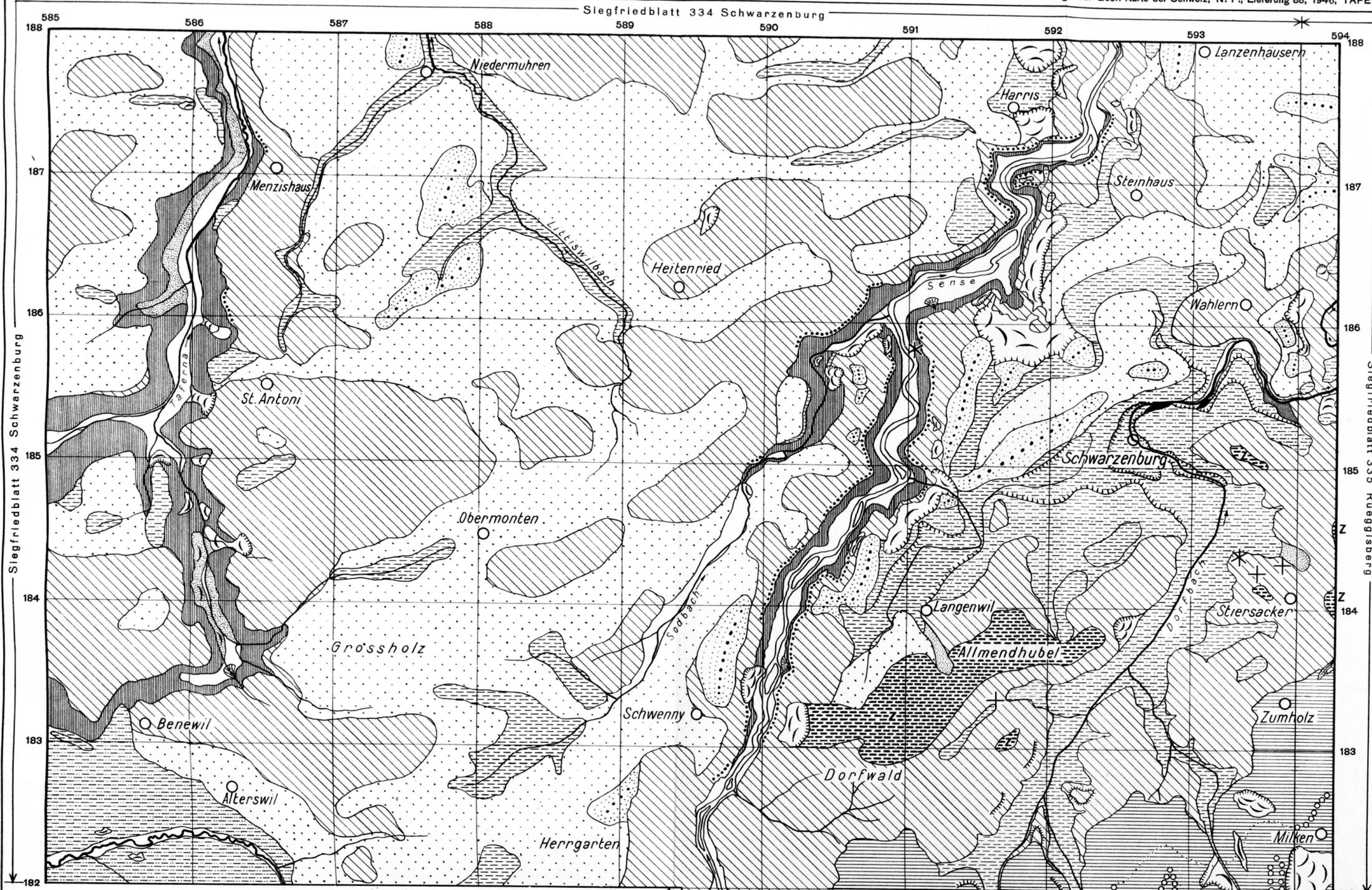
#### Tektonik:

In der Molasse des Schwarzenburger-Landes lassen sich von N nach S folgende tektonische Elemente unterscheiden: Abligen-Synklinale, Schwarzenburg-Antiklinale, Laubbach-Synklinale und Molassefalten von Fallvorsassli. Alle diese Elemente zeichnen sich durch ihre kurze Erstreckung

und ihren selbständigen Charakter aus. Sie stehen in keinem Zusammenhang mit irgendwelchen Falten der östlich gelegenen Gebiete. Einzig die Falten von Fallvorsassli dürften — als Übergang von Falte zu Schuppe — als Äquivalent der Giebelegg-Schuppe betrachtet werden. Nennenswerte Brüche sind im Untersuchungsgebiet nicht festgestellt worden. Dagegen weisen die burdigalen Sandsteine eine starke Klüftung auf, die eine bevorzugte Richtung gegen NE zeigen. Diese Klüfte dürften die Bildung der Senseschlucht beeinflusst haben.

### Quartär

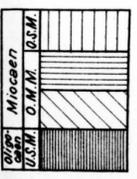
Auf einer risseiszeitlichen Landoberfläche wurden vom sich zurückziehenden Rhonegletscher Stauschotter abgelagert; es sind dies die Zelgschotter. Diese Landoberfläche wurde im Riss-Würm-Interglazial durch eine lang andauernde Erosion durchtalt, und es bildeten sich das Sodbachtal, das Tal des heutigen Dorfbaches und das Becken von Schwarzenburg, sowie der interglaziale Senselauf vom Becken von Plafeien über Alterswil gegen Westen. Durch den Vorstoss des würmeiszeitlichen Rhonegletschers wurde die Sense in das Gebiet des heutigen Sodbaches abgelenkt und floss vermutlich bei Harris-Grasburg gegen das Tal von Albligen-Überstorf nach Westen. Im Würm-Maximum stiess der Gletscher über die heutige Senseschlucht bis Schwarzenburg vor und staute mit seinen Seitenmoränen das Becken von Schwarzenburg und Elisried. Durch diesen Vorstoss wurde die Sense gegen Schwarzenburg abgelenkt. Sie brachte zunächst die mächtigen Stauschotter im Becken von Schwarzenburg zur Ablagerung und floss nach dem Rückzug des Rhonegletschers durch das Gebiet des Burgbaches gegen das Schwarzwasser zu ab. Nach dem weiteren Rückzug des Gletschers fand sie ihren früheren Lauf zwischen Sodbach und Grasburg wieder, floss aber nicht mehr gegen Albligen, sondern erreichte an der Flanke des Rhonegletschers das Schwarzwasser bei Äckenmatt. Die Entstehung des Littiswilbachtälchens südlich Heitenried, des Menzishausbachtälchens südlich Niedermuhren, des Schürgrabens nördlich Niedermuhren und des Tafernaltales ist mit weiteren Rückzugsstadien des Rhonegletschers in Beziehung zu bringen.



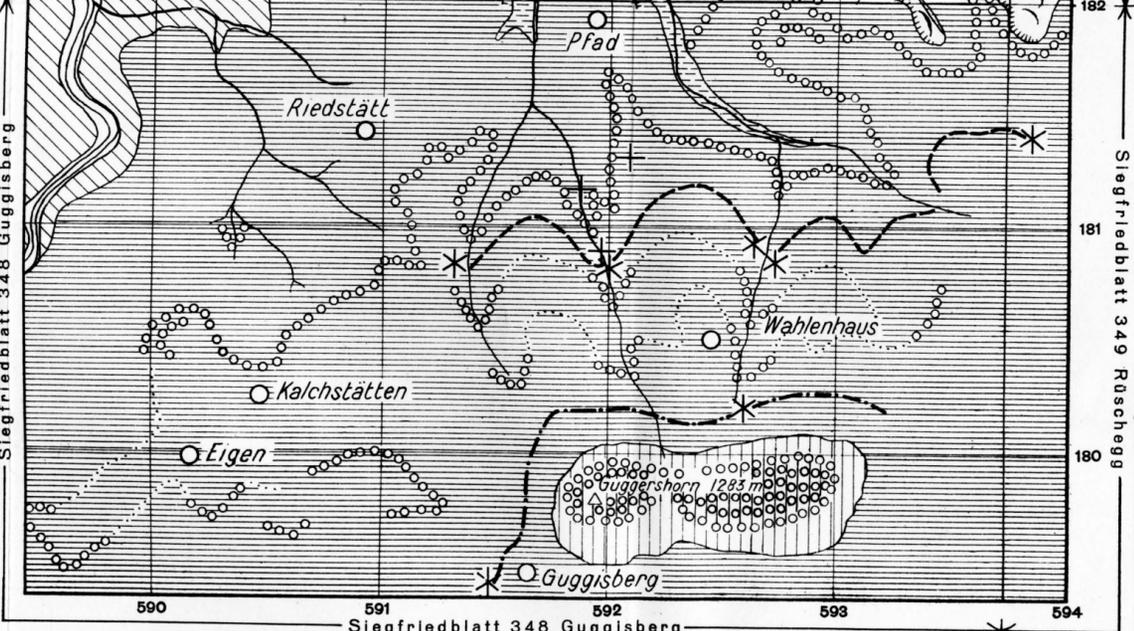
Tafel I, Fig. 1.  
**Geologische Kartenskizze der Umgebung von Schwarzenburg**  
 nach Aufnahmen im Masstab 1:25 000, 1:10 000 und 1:5 000  
 von B. Frasson

Masstab 1:25 000  
 0 0,5 1 2 km

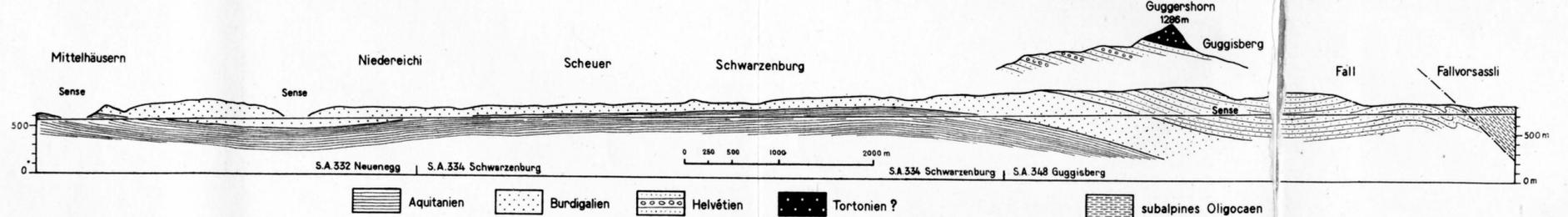
- Quartär**
- Alluvium
- Tiefste Talböden
  - Terrassenränder
  - Ried, Sumpf, Torfmoor
  - Rutschgebiet mit Abrissrand
  - Gehängeschutt
  - Quelltuff (Stolzenmühle)
  - Bachschuttkegel
- Diluvium (Rhongletscher)
- Schotter des Würmmaximums und seiner Rückzugsstadien
  - Seetone
  - Moräne im allg.
  - Moränenwälle
  - Alterswil-Schotter (frühwürm)
- Würm**
- Zelg-Schotter
  - Rhoneblöcke
- Ris**



- Molasse**
- Polygene Nagelfluh
  - Kalknagelfluh (... unter Vegetation)
  - Austern-Nagelfluh und -Sandstein
  - Fossilhorizont von Pfadscheuer
  - Fossilfundstelle



**NNE Albigen - Synklinale Schwarzenburg - Antiklinale Laubbach - Synklinale SSW**



Tafel I, Fig. 2: Tektonisches Querprofil durch die Molasse im Sensetal zwischen Mittelhäusern und Fallvorsassli östlich Pfaffen, 1:50 000