

BEITRÄGE
zur
Geologischen Karte der Schweiz
herausgegeben von der
Geologischen Kommission der Schweiz. Naturforschenden Gesellschaft
subventioniert von der Eidgenossenschaft

Neue Folge, 61. Lieferung
Des ganzen Werkes 91. Lieferung

MATÉRIAUX
pour la
Carte géologique de la Suisse
publiés par la
Commission géologique de la Société helvétique des Sciences naturelles
subventionnés par la Confédération

Nouvelle série, 61^e livraison
91^e livraison de la collection entière

Geologische Untersuchungen
der
Molassenagelfluhregion
zwischen Emme und Ilfis
(Kanton Bern)

Mit 1 Textfigur und 6 Tafeln

Von
Werner Liechi

(Ausgegeben im Dezember 1928)

BERN
In Kommission bei A. Francke A.-G.
1928
Gedruckt bei Stämpfli & Cie.

BERNE
En commission chez A. Francke S. A.
1928
Imprimé par Stämpfli & Cie.

Vorwort der Geologischen Kommission.

In der Sitzung der Geologischen Kommission vom 11. März 1928 legte Herr Dr. W. Liechti das Manuskript der vorliegenden Untersuchung vor, betitelt: «Geologische Untersuchungen der Molasse-nagelfluhregion zwischen Emme und Ilfis (Kanton Bern)». Die Kommission beschloss, die Arbeit in der Serie der «Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Neue Folge» zu veröffentlichen; in verdankenswerter Weise leistete der Verfasser einen namhaften Beitrag an die Druckkosten.

Die der Arbeit zugrunde liegende geologische Kartierung im Massstabe 1:25,000 soll später von der Geologischen Kommission herausgegeben werden; einstweilen befinden sich diese Aufnahmen wie auch die gesammelten Belegstücke (Gesteinsproben, Fossilien usw.) im Geologischen Institut der Universität Bern.

Für den Inhalt von Text und Profilen ist der Verfasser allein verantwortlich.

Basel, den 13. September 1928.

**Für die Geologische Kommission
der Schweiz. Naturf. Gesellschaft:**

Der Präsident:

Dr. A. Buxtorf, Prof.

Der Sekretär:

O. P. Schwarz.

Vorwort des Verfassers.

Die vorliegende Arbeit wurde auf Anregung von Herrn Professor Dr. P. ARBENZ vom Sommer 1925 bis Juli 1927 im Geologischen Institut der Universität Bern ausgeführt.

Das Untersuchungsgebiet ist im NW, W und SW begrenzt von der Emme, im S und SE von der Strasse Marbach-Schangnau, im E vom Marbach und der Ilfis und im NE und N von der Ilfis.

Für die Begleitungen im Felde und die anregende Unterstützung bei der Ausarbeitung des Textes, spreche ich Herrn Professor Dr. P. ARBENZ den besten Dank aus. Ferner bin ich zu grossem Dank verpflichtet den Herren Professor Dr. HUGI und Dr. HUTTENLOCHER für die Hilfe bei den mikroskopischen Untersuchungen, den Herren Dr. BAUMBERGER und Dr. RUTSCH für die Bestimmung der Fossilien und Herrn Dr. ANTENEN für seine Mitteilungen über das Quartär des Emmentals.

Bern, den 12. September 1928.

W. Liechti.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite		Seite
Vorwort	III	f) Lagerungsverhältnisse	25
Verzeichnis der Tafeln	V	g) Fortsetzung der Nagelfluh im NE und SW	25
Literaturverzeichnis	VI	3. Tortonien	26
Geologische Karten	XII	a) Historisches	26
Topographische Karten	XII	b) Beschreibung der Gesteine	26
		c) Abgrenzung	28
A. Molasse	1	Der Kohlehorizont an der Basis des Tortonien	
<i>I. Historische Einleitung</i>	<i>1</i>	(Kohle von Blapbach)	28
<i>II. Stratigraphie</i>	<i>6</i>	Ilfistal	28
1. Aquitanien (Rote Molasse)	7	Emmental	30
a) Verbreitung des Aquitans im Untersuchungs-	7	Fossilien und Alter des Kohlehorizontes	31
gebiet	7	d) Kohlenvorkommenisse und Fossilfunde in hö-	
b) Beschreibung der Gesteine	7	heren Schichten	31
c) Aufschlüsse	9	e) Lagerungsverhältnisse	32
d) Fazies	9	f) Fortsetzung des Kohlehorizontes von Blapbach	
e) Alter und paläontologische Verhältnisse der	9	nördlich der Ilfis und westlich der Emme	33
Roten Molasse.	9	4. Zusammenfassung der Ergebnisse der stratigraphi-	
f) Alter der granitischen Molasse	10	schen Untersuchungen im Gebiet zwischen Emme	
g) Lagerungsverhältnisse	11	und Ilfis	33
h) Fortsetzung der Zone der Roten Molasse im NE	11	5. Verzeichnis der Fundstellen tertiärer Mollusken	
und SW	11	im Gebiet zwischen Emme und Ilfis	35
2. Burdigalien und Helvétien (Hohrhoneschichten,	12		
Luzernerschichten und Rotseeschichten)	12	<i>III. Tektonik.</i>	<i>37</i>
A. Luzernerschichten (Burdigalien)	12	1. Historisches und Übersicht	37
a) Die Luzernerschichten von Luzern bis zur Ilfis	12	2. Resultate der neuen Beobachtungen	39
b) Die Luzernerschichten zwischen der Ilfis und	12		
Marbach (= Unt. Burdigalien)	12	<i>IV. Nagelfluhuntersuchungen</i>	<i>41</i>
c) Aufschlüsse	13	1. Historisches	41
d) Die Luzernerschichten bei Escholz matt	13	2. Zusammensetzung der Nagelfluh	43
e) Verlauf der wechsellagernden Sandstein- und	13	a) Methode der Untersuchung	43
Nagelfluhzonen (= Luzernerschichten)	13	b) Beschreibung der einzelnen Gesteine.	43
f) Fazies	14	3. Die Herkunft der Gerölle	49
g) Alter der Luzernerschichten	15	a) Die verschiedenen Ansichten über den Ursprung	
h) Lagerungsverhältnisse	16	der Nagelfluh in ihrer geschichtlichen Entwick-	
i) Morphologie	16	lung	49
B. Helvétien	16	b) Über die Herkunft der Emmentaler Nagelfluh	52
a) Gesteine	16	4. Prozentuale Häufigkeit der am Aufbau der Nagel-	
b) Das Nagelfluhgebiet zwischen Emme und	17	fluß beteiligten Gesteinsarten	53
Ilfis	17	a) Die Häufigkeitsänderungen der hauptsächlich-	
Gebiet der Ilfis.	17	sten Nagelfluhgerölle vom Burdigalien bis zum	
Gebiet der Emme	17	Tortonien	54
Wasserscheide zwischen Emme und Ilfis	19	b) Häufigkeitsänderungen in seitlicher Richtung	56
c) Abgrenzung und Alter	20	5. Lagerung, Form und Grösse der Gerölle; Eindrücke	
d) Entstehung und Fazies	22	und Umformungen	57
Sandstein- und Mergel einlagerungen	22		
Fossilien	23	<i>V. Sandstein- und Mergeluntersuchungen.</i>	<i>59</i>
Zusammenstellung aller Fundstellen von	23	1. Die Schlämmanalyse nach J. Kopecky	59
Land- oder Süsswasserprodukten inner-	24	2. Korngrösse: Besprechung der Schlämmdiagramme	60
halb des Burdigalien und Helvetien	24	3. Karbonatgehalt	60
e) Vergleich mit anderen Lokalitäten limnischer	25	4. Mineralbestand.	61
Fazies	25	5. Bindemittel	61

	Seite		Seite
B. Quartär	62	3. Über das Alter der Terrassensysteme und Glazial-	
<i>I. Diluvium</i>	<i>62</i>	bildungen im Gebiet zwischen Emme und Ilfis .	72
1. Bisherige Arbeiten	62	4. Erratische Blöcke	73
2. Die Diluvialbildungen des oberen Emmentals . .	65	5. Das Querprofil der Seitengräben	78
A. Die Terrassensysteme	65	<i>II. Alluvium</i>	79
a) Die tiefste Terrasse (T ₁)	65	1. Felsstürze	79
b) Alte Schuttkegel	66	2. Sackung	80
c) Die mittlere Terrasse (T ₂)	67	3. Rutschungen	80
d) Die höchste Terrasse (T ₃)	69	4. Moore	80
B. Moränen und Schotter	71	5. Verwitterungsbildungen	80
a) Die Moräne von Hirmatt	71	6. Quellen	81
b) Schotter von Hegenalp	71	Felsquellen	81
c) Die Moräne von Kelli	71	Schuttquellen	81
d) Die Moränen von Schangnau und Wald . .	71	Grundwasseraufstösse	81
e) Die Schotter des Schärlig und Gummen-		Quellen der Terrassen	82
tälchens	72	7. Quelltuff	83
		8. Die Geschiebe von Emme und Ilfis	83

Verzeichnis der Tafeln.

- Tafel I: Querprofil durch die Molasse des Oberemmentals zwischen Emme und Ilfis.
- » II: Schichtprofile durch den Kohlenhorizont an der Basis des Torton.
- » III: Relative Häufigkeit der am Aufbau der Nagelfluh beteiligten Gesteine.
- » IV: Graphische Darstellung der prozentualen Häufigkeit der Nagelfluhgerölle.
- » V: Richtung der maximalen Häufigkeitsabnahme der hauptsächlichsten Nagelfluhgerölle.
- » VI: Schlämmdigramme.

Literaturverzeichnis.

1. 1796. **Saussure, H. B. de.** Voyages dans les Alpes. VII, p. 198—218, 1796. Neuchâtel, Fauche-Borel, 1796.
2. 1825. **Studer, B.** Beiträge zu einer Monographie der Molasse. Bern, Jenni, 1825.
3. 1839. **Studer, B.** Observations et discussions sur la molasse. *Verh. schweiz. Natf. Ges.*, 1839, p. 45—46.
4. 1846. **Escher von der Linth, A.** Über die Molasse. *Verh. schweiz. Natf. Ges.*, 1846.
5. 1847. **Escher von der Linth, A.** Bemerkungen über das Molassegebilde der östlichen Schweiz. *Mitt. Natf. Ges. Zürich*, 1847, p. 97—112.
6. 1847. **Escher von der Linth, A.** Übersicht der geologischen Verhältnisse der Schweiz. Zürich, Zürcher und Furrer, 1847.
7. 1852. **Deicke, J. C.** Beiträge über die Molasse der Schweiz. *N. Jahrb. f. Min., Geol., Petref.*, 1852, p. 35 bis 46.
8. 1852. **Fischer-Ooster, C.** Über die Altersbestimmung des sogenannten Ralligsandsteins. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1852, p. 115—119.
9. 1853. **Studer, B.** Geologie der Schweiz, II. Bd. Bern (Stämpfli) und Zürich (Schulthess), 1853.
10. 1853. **Studer, B.** Geologische Mittheilungen. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1853, p. 281—283.
11. 1857. **Mayer, K.** Versuch einer neuen Klassifikation der Tertiärgebilde Europas. *Verh. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Natw.*, 1857, p. 165—199.
12. 1859. **Heer, O.** Über das Klima des Tertiärlandes. *Vierteljahrsschr. Natf. Ges. Zürich*, 1859.
13. 1860. **Kaufmann, F. J.** Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse. *N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Natw.*, XVII, 8. Abh., 1860.
14. 1864. **Deicke, J. C.** Über Eindrücke in den Geschieben der Nagelflue und den Gesteinen der Quartärformation zwischen den Alpen der Ost-Schweiz und dem Juragebirge im Grossherzogtum Baden. *N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1864, p. 315—325.
15. 1864. **Deicke, J. C.** Über die Bildung der Molassegesteine in der Schweiz. *N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1864, p. 659—664.
16. 1865. **Heer, Oswald.** Die Urwelt der Schweiz. Zürich (Schulthess), 1865.
17. 1865. **Studer, Bernhard.** Geologisches aus dem Emmenthal. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1865, p. 108—112.
18. 1865. **Mayer, Ch.** Tableau synchronistique des terrains tertiaires de l'Europe. 3^e éd. Zürich, Autogr., 1865.
19. 1866. **Studer, Bernhard.** Geolog. Mittheilungen. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1866, p. 293—296.
20. 1867. **Bachmann, J.** Über die in der Umgebung von Bern vorkommenden, versteinerten Thierreste. Bern, J. A. Weingart, 1867.
21. 1868. **Mayer, Ch.** Tableau synchronistique des terrains tertiaires supérieurs. 4^e éd. Zürich, Autogr., 1868.
22. 1870. **Bachmann, Isidor.** Die wichtigsten erhaltenen oder erhaltungswürdigen Fündlinge im Kanton Bern. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1870, p. 32—85.
23. 1870. **Bachmann, Isidor.** Kleinere Mittheilungen über die Quartärbildungen des Kantons Bern. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1870, p. 227—244.
24. 1870. **Gutzwiller, A.** Über die Nagelfluh der Ostschweiz. *Ber. über d. Thätigkeit d. St. Gall. Natw. Ges.*, 1870, p. 13.
25. 1871. **Fankhauser, J.** Nachweis der marinen Molasse im Emmenthal. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1871.
26. 1872. **Studer, B.** Index der Petrographie und Stratigraphie der Schweiz und ihrer Umgebungen. Bern, J. Dalp, 1872.
27. 1872. **Kaufmann, F. J.** Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, XI, 1872.
28. 1873. **Sandberger, F.** Die Gliederung der Miocän-Schichten im schweizerischen und schwäbischen Jura. *N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1873, p. 575.

29. 1874. **Mayer, K.** Natürliche, gleichmässige und practische Classification der Sediment-Gebilde. Zürich, Höhr, 1874.
30. 1874. **Renevier, E.** Tableau des terrains sédimentaires représentant les époques de la phase organique. *Bull. soc. vaud. sc. nat.*, XII, 1874.
31. 1874. **Rütimeyer, L.** Über Thal- und See-Bildung. 1874, Schweighauserische Verlagsbuchhandlung.
32. 1876. **Bachmann, J.** Geologisches über die Umgebung von Thun. *Jahrb. d. Schweiz. Alpenclub*, XI, 1876, p. 371.
33. 1877. **Gutzwiller, Kaufmann und Mösch.** Geologische Beschreibung des Kantons St. Gallen und seiner Umgebungen. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, XIV, 1877.
34. 1879. **Gutzwiller, A.** Die löcherige Nagelfluh. Ihre Beziehungen zu den tertiären und quartären Ablagerungen. *Ber. d. Gewerbeschule Basel*, 1879/80.
35. 1881. **Mayer-Eymar, Ch.** Stromlauf der Flüsse zur Tertiärzeit. *Verh. schweiz. Natf. Ges.*, 1881.
36. 1881. **Mayer-Eymar, Ch.** Ancien lit des fleuves subalpins suisses, ou les relations des étages helvétien et tortonien du plateau Suisse-allemand. *Arch. sc. phys. et nat.*, 6, 3^e pér., 1881, p. 297.
37. 1883. **Gutzwiller und Schalch.** Geologische Beschreibung der Kantone St. Gallen, Thurgau und Schaffhausen. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, XIX, 1883.
38. 1885. **Gilliéron, V.** Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, XVIII, 1885.
39. 1885. **Heim, Alb.** Gutachten über die eingegangene Arbeit über den Ursprung der miocänen subalpinen Nagelfluh an die Commission der Schläfli-Preisstiftung. *Actes de la Soc. helv. d. sc. nat.*, 1885, p. 115—121.
40. 1886. **Kaufmann, F. J.** Emmen- und Schliereנגegenden. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, XXIV, 1886.
41. 1886. **Baltzer, A.** Geologische Mitteilungen. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1886, p. 189—199.
42. 1887. **Gümbel, C. W. von.** Sie miocänen Ablagerungen im oberen Donaugebiete und die Stellung des Schliers von Ottmang. *Sitzungsber. d. math.-phys. Klasse d. k. bayr. Akad. d. Wiss. München*, XVII, 1887.
43. 1887. **Favre, E., und Schardt, H.** Description géologique des Préalpes du Canton de Vaud et du Chablais jusqu'à la Dranse. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, XXII, I. Abt., 1887.
44. 1887. **Sacco, F.** Classification des Terrains tertiaires. *Bull. Soc. Belge de Géol., Pal. et d'Hydrol.*, I, 1887.
45. 1887. **Sacco, F.** Classification des terrains tertiaires conforme à leur faciès. Résumé. *Bull. Soc. Belge de Géol., Pal. et d'Hydrol.*, I, 1887.
46. 1888. **Steinmann, G.** Die Nagelfluh von Alpersbach im Schwarzwald. *Ber. Natf. Ges. Freiburg i. Br.*, Bd. 4, 1888.
47. 1889. **Mayer-Eymar, Ch.** Tableau des terrains de sédiment. *Glasnik hrvatskoga naravoslovnoga druztva*, IV, 1889.
48. 1890. **Früh, J. J.** Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz. *N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Natw.*, XXX, 1890.
49. 1891. **Fankhauser, J.** Verkieselte Palmacites aus der Gegend von Trub. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1890.
50. 1891. **Baltzer, A.** Zur Herkunft der bernischen bunten Nagelfluh. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1891, p. 91/92.
51. 1891. **Depéret, Ch.** Note sur la classification et le parallélisme du système miocène. *Bull. Soc. géol. de France* (3), XIX (extrait), 1891.
52. 1891. **Suess, E.** Beobachtungen über den Schlier in Oberösterreich und Bayern. *Annalen d. k. k. Nathist. Hofmuseums*, VI, 1891.
53. 1892. **Pasquier, Léon du.** Les Alluvions glaciaires de la Suisse dans la région extérieure aux moraines internes. 1891. *Eclogae geol. Helv.*, II, 1892.
54. 1892. **Frey, H.** Über die Thunersee-Nagelfluh. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1892, p. XVI.
55. 1892. **Frey, Hans.** Zur Heimatbestimmung der Nagelfluh. Bern, Stämpfli, 1892.
56. 1893. **Depéret, Ch.** Sur la classification et le parallélisme du système miocène. *Bull. Soc. géol. de France* (3), XXI, 1893.
57. 1893. **Fallot, E.** Sur la classification du Néogène inférieur. *C. R. des séances Soc. géol. de France* (3), XXI, 1893.
58. 1893. **Fallot, E.** Sur les relations qui existent entre les assises tertiaires de la Gironde et celles de la Bohême et du Bassin de Mayence. *C. R. des séances Soc. géol. de France* (3), XXI, 1893.

59. 1893. **Depéret, Ch.** Réponse aux observations critiques de M. Fallot. *C. R. des séances Soc. géol. de France* (3), XXI, 1893.
60. 1893. **Munier-Chalmas et de Lapparent.** Note sur la nomenclature des terrains sédimentaires. *Bull. Soc. géol. de France* (3), XXI, 1893.
61. 1893. **Munier-Chalmas, M.** Observations sur la note de E. Fallot. *C. R. des séances Soc. géol. de France* (3), XXI, 1893.
62. 1893. **Kissling, E.** Nachweis der oberen Süsswassermolasse im Seeland. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1893.
63. 1894. **Renevier, E.** Chronographe géologique. Seconde édition. *Congrès géol. internat., C. R., 6^e session*, 1897, p. 521—695.
64. 1896. **Baltzer, A.** Der diluviale Aaregletscher. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, XXX, 1896.
65. 1897. **Rollier, L.** Zur Kenntnis der tertiären Süsswasserkalke. *N. Jahrb. f. Min. Geol. u. Pal.*, I, 1897, p. 212.
66. 1899. **Letsch, E.** Die Schweizerischen Molassekohlen östlich der Reuss. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Geotechn. Serie I*, 1899.
67. 1901. **Girard, R. de.** Tableau des terrains de la région fribourgeoise. 3^e édition. *Mitt. Natf. Ges. Freiburg* (Schweiz), II, 1901.
68. 1901. **Antenen, F.** Die Vereisungen der Emmenthäger. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1901, p. 18—43.
69. 1901. **Kissling, E.** Meeresmolasse im Emmenthal. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1901, p. 98—101.
70. 1901. **Kissling, E.** Neue Fundstelle fossiler Pflanzen aus der Molasse der Bäuchlen (Entlebuch). *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1901, p. 102.
71. 1901. **Kissling, E.** Lehmgerölle im fluvioglazialen Sand. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1901, p. 105.
72. 1901. **Rollier, L.** Sur l'âge du conglomérat subalpin du Nagelfluh de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France* (4), I, 1901, p. 684/85.
73. 1901. **Lugeon, M.** Les grandes nappes de recouvrement des Alpes du Chablais et de la Suisse. *Bull. Soc. géol. de France* (4), I, 1901.
74. 1902. **Weithofer, K. A.** Einige Querprofile durch die Molassebildungen Oberbayerns. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanstalt Wien*, LII, Heft 1, 1902, p. 39—70.
75. 1903. **Renevier, E.** L'axe anticlinal de la Molasse aux environs de Lausanne. *Eclogae geol. Helv.*, VII, 1903, p. 287—298.
76. 1903. **Stehlin, H. G.** Über die Grenze zwischen Oligocaen-Miocen in der Schweizer Molasse. *Eclogae geol. Helvet.*, VII, 1903, p. 360—365.
77. 1902/03. **Falkner, Ch., und Ludwig, A.** Beiträge zur Geologie der Umgebung von St. Gallen. *Jahrb. St. Gall. natw. Ges.*, 1902/03.
78. 1903. **Kissling, E.** Die schweiz. Molassekohlen westlich der Reuss. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Geotechn. Serie II*, 1903.
79. 1904. **Rollier, L.** Die Entstehung der Molasse auf der Nordseite der Alpen. *Vierteljahrsschr. d. Natf. Ges. Zürich*, 49, 1904, p. 159—170.
80. 1904. **Penck, A., und Brückner, E.** Die Alpen im Eiszeitalter. Lfg. 6. Leipzig, Tauchnitz 1904.
81. 1906. **Ramann, E.** Einteilung und Benennung der Schlammablagerungen. *Monatsber. d. deutsch. geol. Ges.*, 1906, p. 174.
82. 1906. **Stuchlik, H.** Die Faziesentwicklung der südbayrischen Oligocänmolasse. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanst. Wien*, LVI, 1906, p. 277—350.
83. 1906. **Antenen, F.** Die Vereisungen im Eriz und die Moränen von Schwarzenegg. *Eclogae geol. Helvet.*, IX, 1906, p. 123—132.
84. 1907. **Letsch, E.** Die Schweizerischen Tonlager. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Geotechn. Serie IV*, 1907.
85. 1907. **Frey, O.** Talbildung und glaziale Ablagerungen zwischen Emme und Reuss. *N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Natw.*, XLI, 1907.
86. 1907. **Heim, Arn.** Zur Frage der exotischen Blöcke im Flysch... *Eclogae geol. Helvet.*, IX, 1907, p. 113 bis 424.
87. 1907. **Heim, Arn.** Die Brandung der Alpen am Nagelfluhgebirge. *Eclogae geol. Helvet.*, IX, 1907, p. 386/87.
88. 1907. **Früh, J.** Zum Begriff Nagelfluh, speziell löcherige Nagelfluh. *Eclogae geol. Helvet.*, IX, p. 408—412.
89. 1908. **Nussbaum, F.** Neu aufgefundenen erratische Blöcke im Napfgebiet. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1908, p. V.

90. 1908. **Mühlberg, Fr.** Der mutmassliche Zustand der Schweiz und ihrer Umgebung während der Eiszeit. *Eclogae geol. Helvet.*, X, 1908, p. 43—45.
91. 1908. **Gogarten, E.** Frage der erratischen Blöcke der Schweiz. *Eclogae geol. Helvet.*, X, 1908, p. 734—737.
92. 1908. **Aeberhardt, M. B.** Déviation de quelques cours d'eau pendant la période quaternaire. *Eclogae geol. Helvet.*, 1908, X, p. 745—750.
93. 1908. **Stehlin, H. G.** Die Ausdehnung des Helvetienmeeres nach Norden. *Eclogae geol. Helvet.*, X, 1908, p. 754.
94. 1908. **Stehlin, H. G.** Anthracotherium aus dem marinen Sandstein von Vaulruz (Kt. Freiburg). *Eclogae geol. Helvet.*, X, 1908, p. 754/55.
95. 1908. **Antenen, F.** Mitteilungen über das Quartär des Emmentals. *Eclogae geol. Helvet.*, X, 1908, p. 772 bis 798.
96. 1908. **Gerber, Ed.** Gipslinsen aus der untern Süsswassermolasse. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1908.
97. 1908. **Schaad, E.** Die Juranagelfluh. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., XXII, 1908.
98. 1910. **Ludwig, A.** Flussgeröll, Molasseproblem und Alpenfaltung. *Jahrb. d. Schweiz. Alpenclub*, XLV, 1910, p. 225—249.
99. 1910. **Nussbaum, F.** Die Täler der Schweizeralpen. *Wissensch. Mitt. d. Schweiz. Alpinen Museums*, Bern, Nr. 3, 1910. Verlag d. Schweiz. Alpinen Museums.
100. 1910. **Antenen, F.** Mitteilungen über Talbildung und eiszeitliche Ablagerungen in den Emmentälern. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1910, p. 77—95.
101. 1910. **Nussbaum, F.** Talbildung im Napfgebiet. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1910, p. 269—271.
102. 1910. **Aeberhardt, M. B.** Sur un ancien cours probable de la grande Emme. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1910, p. 290—300.
103. 1910. **Aeberhardt, M. B.** L'âge de la basse terrasse. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1910, p. 296—298.
104. 1911. **Ludwig, A.** Nochmals Molasseproblem und Alpenfaltung. *Jahrb. d. Schweiz. Alpenclub*, XLVI, 1911, p. 300/301.
105. 1911. **Rollier, Louis.** Révision de la Stratigraphie et de la Tectonique de la Molasse au Nord des Alpes en général et de la Molasse subalpine suisse en particulier. *N. Denkschr. d. Schweiz. Natf. Ges.*, XLVI, 1911.
106. 1911. **Schmidt, C., und Müller, Fr.** Die Kohlenflöze in der Molasse bei Bregenz. *Zeitschr. f. prakt. Geol.* XIX, 1911, p. 355—359.
107. 1911. **Schmidle, W.** Zur Kenntnis der Molasse und der Tektonik am nordwestlichen Bodensee. *Zeitschr. d. Deutschen geol. Ges.*, LXIII, 1911.
108. 1911. **Dillenius, E. H.** Neuere Untersuchungen im Tertiärgebiet am Nordrand der Freiburger Alpen. Bern, Armbruster, 1911.
109. 1911. **Stehlin, H. G.** Säugetierpaläontologische Bemerkungen zu einigen neueren Publikationen von Herrn Dr. L. ROLLIER. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1911, p. 476—483.
110. 1911. **Beck, Paul.** Über den Bau der Berner Kalkalpen und die Entstehung der subalpinen Nagelfluh. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1911, p. 497—518.
111. 1912. **Frei, Roman.** Monographie des Schweizerischen Deckenschotters. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F. XXXVII, 1912.
112. 1912. **Frei, Roman.** Über die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., XLI, 1912, p. 41—57.
113. 1912. **Nussbaum, F.** Die Landschaften des bernischen Mittellandes. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1912, p. 229 bis 276.
114. 1912. **Mühlberg, Fr.** Die Unterlage der Schieferkohlen von Uznach und Wangen. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1912.
115. 1912. **Aeberhardt, B.** L'ancien glacier de l'Aar et ses relations avec celui du Rhône. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1912, p. 752—771.
116. 1912. **Rollier, L.** Réponse à M. le Dr Stehlin. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1912, p. 800—803.
117. 1912. **Nussbaum, F., und Aeberhardt, B.** Bericht über die Exkursionen der schweiz. geol. Gesellschaft in die diluvialen Schottergebiete der Aare und der Emme. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1912, p. 791 bis 799.
118. 1913. **Schider, Rud.** Geologie der Schrattenfluh. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., XLIII, 1913.

119. 1913. **Bäertschi, E.** Das westschweizerische Mittelland. *N. Denkschr. d. Schweiz. Natf. Ges.*, XLVII, 1913.
120. 1913. **Linck, G.** Über den Chemismus der tonigen Sedimente. *Geol. Rundschau*, 4, 1913, p. 289.
121. 1913. **Gerber, Ed.** Jensberg und Brüttelen, zwei Ausgangspunkte für die Molasse-Stratigraphie des bernischen Mittellandes. *Eclogae geol. Helvet.*, XII, 1913, p. 451—476.
122. 1914. **Stehlin, H. G.** Übersicht über die Säugetiere der schweizerischen Molasseformation, ihre Fundorte und ihre stratigraphische Verbreitung. *Verh. Natf. Ges. Basel*, XXV, 1914, p. 179—202.
123. 1914. **Seemann, F.** Leitfaden der mineralogischen Bodenanalyse. Wien und Leipzig, Wilh. Braumüller, 1914.
124. 1914. **Gillitzer, G.** Geologie des Südgebietes des Peissenberger Kohlenreviers im k. bayr. ärar. Reservatfeld. *Jahrb. k. k. geol. Reichsanst.*, LXIV, 1914, p. 149—187.
125. 1915. **Erni, A.** Mitteilungen über die petrographische Voruntersuchung der natürlichen Bausteine der Schweiz. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie, V*, 1915, p. 5—45.
126. 1915. **Niggli, Grubenmann und Jeannet.** Die Steinbrüche des schweiz. Molasselandes. *Beitr. z. Geol. d. Schweiz. Geotechn. Serie, V*, 1915, p. 39—52.
127. 1915. **Berz, K. C.** Petrographisch-stratigraphische Studien im oberschwäbischen Molassegebiet. *Jahresh. Verein f. vaterl. Natk. Württemberg*, 71, 1915, p. 276—343.
128. 1916. **Oden, Sven.** Allgemeine Einleitung zur Chemie und physikalischen Chemie der Tone. *Bull. of the geological Inst. of the Univers. of Upsala*, XV, 1916, p. 175.
129. 1917. **Weithofer, K. A.** Die Oligozänablagerungen Oberbayerns. *Mitt. Geol. Ges. Wien*, X, Heft 1 u. 2, 1917, p. 1—125.
130. 1918. **Hug, J.** Die Grundwasservorkommnisse der Schweiz. *Ann. d. Schweiz. Landeshydrogr.*, III, 1918.
131. 1918. **Gerber, Ed.** Molasseprofile zwischen Bielersee und Gurnigel. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1918, p. XXII bis XXIV.
132. 1918/19. **Oden, Sven.** Automatisch registrierbare Methode zur mechanischen Bodenanalyse. *Bull. of the geological Inst. of the Univers. of Upsala*, XVI, 1918/19, p. 15.
133. 1918/19. **Oden, Sven.** Über die Vorbehandlung der Bodenproben zur mechanischen Analyse. *Bull. of the geological Inst. of the Univers. of Upsala*, XVI, 1918/19, p. 125.
134. 1919. **Ludwig, A.** Kleine geologische Mitteilungen. *Jahrb. d. St. Gall. natw. Ges.*, 56, 1919, p. 32—44.
135. 1919. **Gerber, Ed.** Resultate einiger Bohrungen in Bern und Gümliigen aus dem Jahre 1919. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1919, p. XXIII.
136. 1919/20. **Kurberg, H.** Neuere Untersuchungen über die tertiäre Nagelfluh im Gebiete zwischen Aare und dem Genfersee. *Diss. Freiburg 1919/20*. Lübeck, Coleman, 1919.
137. 1920. **Gerber, Ed.** Neuere geologische Untersuchungsergebnisse aus der Umgebung von Bern. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1920, p. XIX.
138. 1920. **Nussbaum, F.** Zerstörte erratische Blöcke des Rhonegletschers im Napfgebiet. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1920, p. XXIV.
139. 1920. **Buess, Heinrich.** Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg. *Diss. Freiburg (Schweiz)*.
140. 1920. **Dietrich, W. O., und Kautsky, F.** Die Altersbeziehungen der schwäbischen und schweizerischen oberen Meeresmolasse und des Tertiärs am Südrand der schwäbischen Alb. *Zentralbl. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1920, p. 243—253.
141. 1921. **Mollet, Hans.** Geologie der Schafmatt-Schimberg-Kette. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., XLVII, III. Abt., 1921.
142. 1921. **Beck, P.** Über die Verschiedenheit der beiden Thunerseeufer in bezug auf Bau und Fazies. *Eclogae geol. Helvet.*, XVI, 1921.
143. 1921. **Nussbaum, F.** Über das Vorkommen von Drumlin in den Moränengebieten des diluvialen Rhonegletschers und Aaregletschers im Kanton Bern. *Eclogae geol. Helvet.*, XVI, 1921.
144. 1921. **Baumberger, E.** Über das Alter der Vaulruz- und Ralligschichten. *Eclogae geol. Helvet.*, XVI, 1921.
145. 1921. **Beck, P.** Grundzüge der Talbildung im Berner Oberland. *Eclogae geol. Helvet.*, XVI, 1921.
146. 1921. **Stehlin, H. G.** Säugetierpaläontologische Bemerkungen zur Gliederung der oligocänen Molasse. *Eclogae geol. Helvet.*, XVI, 1921.
147. 1921. **Nussbaum, F.** Das Moränengebiet des diluvialen Aaregletschers zwischen Thun und Bern. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1921.

148. 1921. **Pfister, M.** Stratigraphie des Tertiär und Quartär am Südfuss der Alpen mit spezieller Berücksichtigung der miocänen Nagelfluh. *Diss. Zürich* 1921. Bülach, Scheuchzer, 1921.
149. 1922. **Heim, Albert.** Geologie der Schweiz. 1922, Bd. I: Molasse und Jura. Leipzig, Tauchnitz.
150. 1922. **Beck, P.** Das stampische Alter der Thuner Nagelfluh und deren Bedeutung für den Bau des Alpenrandes. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1922, p. XX—XXIII.
151. 1922. **Nussbaum, F.** Über das Vorkommen von Jungmoränen im Entlebuch. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1922, p. 106—110.
152. 1922. **Gerber, Ed.** Über die subalpine Molasse zwischen Aare und Sense. *Eclogae geol. Helvet.*, XVII, 1922.
153. 1923. **Cadisch, J.** Ein Beitrag zur Entstehungsgeschichte der Nagelfluh. *Eclogae geol. Helvet.*, XVIII, 1923, p. 222—227.
154. 1923. **Gerber, E.** Über die Zweiteilung der Meeresmolasse in der Umgebung von Bern. *Eclogae geol. Helvet.*, XVIII, 1923, p. 246—249.
155. 1923. **Thalmann, H.** Die Fauna des Vindobonien vom Imihubel bei Niedermuhlern. *Eclogae geol. Helvet.*, XVIII, 1923, p. 366—371.
156. 1923. **Baumberger, E.** Die Transgression des Vindobonien in den Tertiärmulden von Moutier und Balthal. *Eclogae geol. Helvet.*, XVII, 1923.
157. 1923. **Gerber, Ed.** Die diluviale Schieferkohle auf der Mutton-Terrasse. In Band: Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Geotechn. Serie*, VIII, 1923.
158. 1923. **Kraus, E.** Sedimentationsrhythmus im Molassetrog des bayrischen Allgäu. *Abh. Natf. Ges. Danzig*, I, 1923.
159. 1923. **Cornelius, H. P.** Beobachtungen über die Gerölleföhrung der Molasse am Allgäuer Alpenrande. *Verh. Geol. Bundesanst. Wien*, Nr. 11, 12, 1923.
160. 1924. **Cornelius, H. P.** Zum Problem der exotischen Blöcke und Gerölle im «Flysch» des Allgäu. *Jahrb. Geol. Bundesanst. Wien*, 74, 1924.
161. 1924. **Ritter, E.** Stratigraphie und Tektonik der kohlenführenden Molasse zwischen Genfersee und Saanetal. *Eclogae geol. Helvet.*, XVIII, 1924.
162. 1924. **Antenen, F.** Über das Quartär in den Tälern der Waldemme und der Entlen. *Eclogae geol. Helvet.*, XVIII, 1924.
163. 1924. **Jenny, Hans.** Alpine Faltungsphasen. *Eclogae geol. Helvet.*, XVIII, 1924.
164. 1925. **Letsch, E., und Ritter, E.** Die schweizerischen Molassekohlen, III. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Geotechn. Serie*, XII, 1925.
165. 1925. **Gerber, Ed.** Geologie des Gurnigels und der angrenzenden subalpinen Molasse. *Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz*, N. F., L, II. Abt., 1925.
166. 1925. **Ludwig, A.** Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse zwischen Necker und Rhein. *Eclogae geol. Helvet.*, XIX, 1925, p. 146/147.
167. 1925. **Nussbaum, F.** Über Ungleichheiten der Gletschererosion im schweiz. Mittelland und in den Alpen. *Eclogae geol. Helvet.*, XIX, 1925, p. 147—151.
168. 1925. **Baumberger, E.** Die subalpine Molasse von Luzern. *Eclogae geol. Helvet.*, XIX, 1925, p. 165—175.
169. 1925. **Baumberger, E.** Versuch einer Umdeutung der Profile durch die subalpine Molasse der Zentral- und Ostschweiz. *Eclogae geol. Helvet.*, XIX, 1925, p. 192.
170. 1925. **Heritsch, F.** Habkern- und Pechgrabengranit. *Eclogae geol. Helvet.*, XIX, 1925.
171. 1925. **Steiner, J.** Morphologische Untersuchung im Entlebuch. *Diss. Bern* 1925. *Jahresb. Geogr. Ges. Bern*, XXVI, 1923—1925.
172. 1925. **Arbenz, P.** Expertenbericht zuhanden der Baudirektion des Kantons Bern betreffend Wasserableitung aus dem Emmental durch die Stadt Bern. Bern, Rutishauser und Ludwig, 1925.
173. 1926. **Brandenberger, E.** Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse des östlichen Aargaus. *Eclogae geol. Helvet.*, XIX, 1926, p. 618—625.
174. 1926. **Rutsch, R.** Zur Stratigraphie und Tektonik der Molasse südlich von Bern. *Eclogae geol. Helvet.*, XIX, 1926, p. 673—678.
175. 1926. **Thomas, H.** Stratigraphie und Tektonik der Allgäuer Molasse nördlich vom Weissach- und Alpseetal. *N. Jahrb. f. Min., Geol. u. Pal.*, 1926, Beil.-Bd., Abt. B.
176. 1928. **Rutsch, R.** Geologie des Belpberges. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1927. Bern, Paul Haupt, 1928.

Literatur-Nachtrag.

177. 1910. **Beck, P.** Über den Bau der Berner Kalkalpen und die Entstehung der subalpinen Nagelfluh. *Eclogae geol. Helvet.*, XI, 1910, p. 497—518.
178. 1862. **Fellenberg, W. R. von.** Über die Braunkohle von Blappbach bei Trubschachen im Emmenthal. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1862, p. 243—248.
179. 1926. **Wiegner, G.** Anleitung zum quantitativen agrikulturchemischen Praktikum. Berlin, Gebr. Bornträger, 1926.
180. 1926. **Wiegner, G.** Boden und Bodenbildung in kolloidchemischer Betrachtung. Dresden und Leipzig, Theodor Steinkopff, 1926.
181. 1924. **Notz, R.** Geologische Untersuchungen an der östlichen Lägern. *Diss. Zürich* 1924. Zürich, Lee-
mann & Co.
182. 1901. **Antenen, F.** Die Vereisungen der Emmenthäger. *Mitt. Natf. Ges. Bern*, 1901, p. 18—43.
183. 1925. **Boden, K.** Die Geröllführung der miozänen und oligozänen Molasseablagerungen im südbayerischen Alpenvorland zwischen Lech und Inn und ihre Bedeutung für die Gebirgsbildung. *Mitt. Geogr. Ges. München*, XVIII, 1925, p. 429—504.

Geologische Karten.

1. 1855. Geologische Übersichtskarte der Schweiz 1:760,000 von **B. Studer** und **A. Escher**.
2. 1860. Geologische Karte zu den Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse 1:100,000, von **F. J. Kaufmann**. 1860, in *N. Denkschr. allg. schweiz. Ges. f. d. ges. Natw.*, Bd. XVII.
3. 1865. Geologische Übersichtskarte der Schweiz 1:520,000, von **O. Heer**. In *Die Urwelt der Schweiz*, 1865.
4. 1887. Blatt XIII der geologischen Karte der Schweiz 1:100,000 (Interlaken, Stans). **F. J. Kaufmann, A. Baltzer, C. Mösch**. 1887.
5. 1896. Geologische Karte des Kantons Bern 1:200,000, von **E. Kissling** und **A. Baltzer**. 1896.
6. 1912. Geologische Karte der Schweiz 1:500,000, von **Alb. Heim** und **C. Schmidt**. 1912.

Topographische Karten.

Siegfriedatlas 1:25,000; Blatt 370 (Signau), 371 (Trub), 383 (Röthenbach), 384 (Marbach), 385 (Schwarzenegg) und 385^{bis} (Schangnau).

A. Molasse.

I. Historische Einleitung.

Die monotone Massigkeit der Nagelfluhregion des oberen Emmentals, in welcher jede stratigraphische Gliederung verwischt ist, und die durch diese Verhältnisse bedingte Fossilarmut tragen wohl die Schuld daran, dass das landschaftlich so reizvolle Gebiet von der geologischen Forschung so wenig berücksichtigt wurde. Die klassischen Molasselokalitäten von Bern, Luzern und St. Gallen, die durch ihren Petrefaktenreichtum für eine stratigraphische Gliederung und Parallelisierung am meisten Aussicht boten, nahmen das Interesse völlig in Anspruch. Daraus lässt sich verstehen, dass die Stratigraphie der nagelfluhreichen, subalpinen Molasse bis in unsere Zeit unklar blieb, während die Altersverhältnisse der übrigen Molassebildungen im grossen und ganzen festgelegt sind. Es werden nun in zeitlicher Reihenfolge die Arbeiten aufgeführt, die das Untersuchungsgebiet betreffen. Da dieser Abschnitt die Entwicklung der geologischen Erkenntnis zur Darstellung bringen soll, wird auf einige Arbeiten nur soweit eingegangen, als es für diesen Zweck notwendig ist; eingehende Besprechungen werden später in sachlichem Zusammenhange ausgeführt.

1825 erschien die «Monographie der Molasse» von BERNHARD STUDER (2). Das obere Emmental findet hierin öfters Erwähnung. Der felsige Charakter der Täler, die Schichtlage und Gesteinsausbildung werden eingehend geschildert. Die bunten Mergel des Marbachtales stimmen nach STUDER in allem mit denjenigen in der Nähe des Jura überein. Auch der allmähliche, nach N und NW erfolgende Übergang der Nagelfluh in Sandstein war STUDER bekannt. Er schreibt, dass rings um das Nagelfluhgebirge herum, in dessen Mitte sich der grosse Horben erhebt, sich eine bald weitere, bald schmalere Zone abwechselnder Sandstein (Molasse)- und Nagelfluhschichten ausbreite. Diese Zone umschliesst das Nagelfluhzentrum des Napf und zieht sich vom Längenberg und Belpberg über Burgdorf, dem östlichen Abhang des Napf folgend, ins untere Entlebuch und in die Gegend von Luzern.

Der Nagelfluh des Emmentals widmet STUDER ein eigenes Kapitel. Doch weil später bei der Beschreibung der Nagelfluh eingehend auf diese Darstellungen eingegangen werden muss, möge hier diese Erwähnung genügen.

1853, fast drei Jahrzehnte nach der Herausgabe der «Monographie der Molasse», ging der 2. Band der «Geologie der Schweiz» von BERNHARD STUDER aus der Presse hervor (9). Was in diesem Werk über die Geologie unseres Untersuchungsgebietes gesagt wird, entspricht in gekürzter Form den Ausführungen in der «Monographie».

Wir wollen die wichtigsten geologischen Punkte aus beiden Werken STUDERS zusammenfassen: Das Gebiet zwischen Emme und Ilfis ist ein Ausläufer des Napf. Im Tale von Marbach trifft man eine Zone aus bunten Mergeln. Weiter gegen W beginnen die Mergel mit Nagelfluh zu wechsellagern und werden schliesslich von derselben ganz verdrängt. Die Schichten fallen innerhalb der Mergelzone nach W oder SW, im Bereiche der hangenden Nagelfluh nach NW, gehen aber schon vor Trubschachen in horizontale Lagerung über. Auch in der Emmeschlucht beim Rebloch (Schangnau) sind die Schichten horizontal gelagert, weil sie den Scheitel der Antiklinale bilden.

1855 wurde von STUDER und ESCHER in der «Geologischen Übersichtskarte der Schweiz» das Untersuchungsgebiet als Nagelfluh dargestellt, die im südöstlichen Teil der unteren, im nordwestlichen der oberen Süsswassermolasse angehört. Im SE wird das Gebiet von der Linie durchzogen, die den Verlauf der «Zone der senkrecht stehenden Molasse zwischen Lausanne und Vorarlberg» bezeichnet.

1860 wurde die Kenntnis der subalpinen Molasse durch die Arbeit FRANZ JOSEPH KAUFMANNs, betitelt «Untersuchungen über die mittel- und ostschweizerische subalpine Molasse», um ein Bedeutendes vermehrt (13). Durch umfassende Lokalkenntnisse, gestützt auf präzise Beobachtungen, gelangt der Autor zur Unterscheidung einzelner Gesteinszonen der subalpinen Molasse und verfolgt dieselben vom Zürichsee bis zur Emme. Diese Zonen, die durch das Vorherrschen einer bestimmten Gesteinsart charakterisiert sind, werden in der dem Werke beigegebenen Karte dargestellt.

Für das obere Emmental ergeben sich gestützt auf seine Beobachtungen folgende Verhältnisse: Das Tal von Marbach ist in bunte Mergel eingeschnitten, die der nördlichen antiklinalen Zone angehören, welche sich vom Zürichsee her bis in unser Gebiet verfolgen lässt. Die Mächtigkeit dieses Mergelkomplexes wird auf 700 bis 800 m geschätzt. Eine zweite Mergelserie, die den Kern der südlichen Antiklinale bildet, fällt ausser dem Bereiche des Untersuchungsgebietes. Gegen N werden die Mergel der nördlichen Antiklinale von der «plattenförmigen Molasse» überlagert. Diese Bezeichnung stammt von STUDER und betrifft ein Gestein, das namentlich bei Luzern eine gewisse stratigraphische Selbständigkeit erreicht hat, gegen Escholz matt hin aber mehr und mehr durch Nagelfluh ersetzt ist. Nördlich an diese Sandsteine anschliessend, oder, wie in unserem Gebiet, diese verdrängend, folgt bunte Nagelfluh.

KAUFMANN denkt sich die bunten Mergel der beiden Antiklinalkerne als Teile einer ununterbrochenen Mergeldecke, die sich zwischen Alpen und Jura ausgebreitet hatte und zur unteren Süsswassermolasse gehört. Er nimmt an, dass sich diese Mergel in stehenden oder wenig bewegten, meist süßen Gewässern abgelagert haben, während er die Sandstein- und Nagelfluhbildung auf schwache, resp. starke Senkung des Molassetroges und der damit verbundenen Gefällsvermehrung zurückführt. Die marinen Gewässer erfüllten die Niederungen, wurden da und dort wieder von Süsswasserbildungen verdrängt, um dann bei weiteren Senkungen die Oberhand zu gewinnen. In Gegenden, wo starke fluviale Anschwemmungen stattfanden, wie im Entlebuch, im Berner Emmental, im Gebiet des Napf, der Blume, der Hörnlikette und überall zunächst dem Fusse der Alpen, wuchsen fortwährend reine Süsswasserbildungen heran (13, 123). Diese wurden also nach KAUFMANN zu gleicher Zeit gebildet wie die marinen Ablagerungen der den Alpen entfernten Gebiete. Es müssen daher wenigstens die oberen marinen Schichten den Süsswassergesteinen nebengelagert sein und mit ihnen das gleiche Alter teilen.

Für unser Gebiet ergibt sich nach den Erörterungen KAUFMANNs nachstehende stratigraphische Ausscheidung:

1. Untere Süsswassermolasse: Bunte Mergel des Marbachtales. Die Schichten haben westliches und nordwestliches Einfallen und gehören der nördlichen Antiklinale an.

2. Nagelfluhbildung, ein Süsswassersubstrat von gleichem Alter wie die marine Molasse: Nagelfluhschichten von Schangnau, Rämigummen usw.

1871. Von grosser Bedeutung für die Entwicklung der Stratigraphie des oberen Emmmentals sind die Untersuchungen von J. FANKHAUSER, zusammengefasst in der 1871 publizierte Arbeit: «Nachweis der marinen Molasse im Emmenthal» (25). Er beschreibt ein Profil des Riedberges, der auf der linken Seite der Emme bei Emmenmatt eine hohe Böschung bildet. Es erübrigt sich, dasselbe wiederzugeben. Im grossen und ganzen ist es eine Schichtfolge von Nagelfluh, Mergel und Sandstein, die in 1 bis 2 m dicken Schichten miteinander wechseln. An diesem Profil, das sich auch in der Umgebung ohne wesentliche Veränderung wiederfindet, lassen sich zwei Regionen unterscheiden: Eine untere, die sich durch den mannigfaltigen Wechsel der Schichten und durch das Vorwiegen der mergeligen Ablagerungen auszeichnet, und eine obere, durch einen gleichförmigen, grobkörnigen, grauen Sandstein charakterisiert.

Da der letztere den marinen Sandsteinen von der Stockern und Ostermundigen sehr ähnlich ist, liegt die Vermutung nahe, dieser möchte ebenfalls mariner Natur sein. Es fanden sich in diesem Sandstein tatsächlich Meerespetrefakten. Anders ist es bei der unteren Region. In einer Sandsteinschicht fanden sich Überreste von Meerestieren, die Mergel waren fossilifer. Um weitere Aufschlüsse über diese untere Region zu erhalten, besucht FANKHAUSER die Umgebung von Langnau. Bei der Ilfisbrücke fällt das linke Ufer der Ilfis steil ab und ist von Vegetation entblösst. Die Hauptmasse dieser Felsen ist Nagelfluh, hie und da durchzogen von Streifen eines feinkörnigen, gelblichgrauen Sandsteines. In einer

dieser Sandsteinlagen fanden sich schöne, pflanzliche Abdrücke, die das Zeugnis ablegen, dass hier untere Süsswassermolasse vorliegt. Das Hangende dieser Süsswassernagelfluh tritt im benachbarten Ilfis- oder Aspigraben schön zutage. Es besteht aus Mergel- und Sandsteinschichten, entsprechend denjenigen des Riedberges (untere Region). In einer Sandsteinschicht fand sich wieder ein marines Petrefakt, in den Mergelschichten jedoch wurden Blatabdrücke vorgefunden. Aus dem Gesagten schliesst FANKHAUSER, dass einzelne Schichten der unteren Region, namentlich die Sandsteinschichten, mariner Herkunft sind. Ob die Mergel mit den Blatabdrücken marine Ablagerungen sind oder mit den Süsswasserbildungen zusammenhängen, bleibt dahingestellt. In Lauperswil fand FANKHAUSER bei der Ruine Wartburg, in demselben grobkörnigen Sandstein, wie er sich in der oberen Region des Riedberges findet, einen *Lamna*-Zahn und daneben eine mittelgrosse *Helix*, woraus geschlossen wird, dass das Ufer des Meeres, aus dem diese Ablagerungen entstanden, nicht weit vom genannten Punkt entfernt zu suchen ist. Die Nagelfluhmassen südlich von Langnau werden im Zusammenhange mit den Ergebnissen am Ilfisborde in die untere Süsswassermolasse rangiert. Der betreffende Abschnitt möge hier folgen (25, 170):

«Wandern wir von Langnau nach Trubschachen, so finden wir, wo die Ablagerungen zutage treten, fast reine Nagelfluh, zu vergleichen mit derjenigen, die wir am linken Ufer der Ilfis gegenüber Langnau gesehen und die also eine untere Süsswasserbildung ist. An höheren Stellen finden wir aber auch wieder grauen Sandstein; so bei Mühlebach südöstlich von Langnau und dann namentlich auch bei Hegen, wo der Sandstein eine Mächtigkeit von 6 m hat. Im benachbarten Ortbachgraben haben wir Beweise für die untere Süsswassermolasse. Es findet sich zirka 30 m tiefer als jener Sandstein zuhinterst im Graben ein Mergellager mit Pflanzenüberresten. Unter denselben finden sich Spuren von einer Fächerpalme. Es scheint mir, dass dieses Lager mit dem Braunkohlenlager vom Blapbach zusammenhängt, das auf der entgegengesetzten Seite der Hegenalp liegt.»

Schliesslich sei noch eines Fundes von Muschelbruchstücken erwähnt, der in den Schichten der bei Schüpbach steil gegen das linke Emmeufer abfallenden Muttenterrasse gemacht wurde.

FANKHAUSER schliesst aus seinen Beobachtungen, dass die fossilführenden Schichten des oberen Emmentals im N und W mit den bekannten marinen Ablagerungen zusammenhängen müssen; daraus ergibt sich, dass das Meer der Miocänzeit auch ins obere Emmental vorgedrungen war.

Wir wollen das Wesentliche dieser Arbeit festhalten: Die Hauptmasse der Nagelfluh unseres Gebietes (Blapbach, Trubschachen, Langnau) wird in die untere Süsswassermolasse gestellt. Diese unterteuft mit nordwestlichem Einfallen die marinen Sedimente des Riedberges. Identisch mit diesen sind die Sandstein- und Mergelschichten des Ilfisgrabens bei Langnau und des Sandsteins von Hegen bei Blapbach. Diese Meeresablagerungen bilden das Hangende der Süsswassernagelfluh.

1872 erschien das grosse Werk F. J. KAUFMANN'S «Rigi und Molassegebiet der Mittelschweiz» als Beitrag zur geologischen Karte der Schweiz (XI. Lieferung) (27). Uns interessiert die Gliederung des Nordschenkels der nördlichen Molasseantiklinale. KAUFMANN unterscheidet von unten nach oben:

1. Rote Molasse (Kern der Antiklinale).
2. Zone der plattenförmigen Molasse = Luzernerschichten.
3. Marine Zone des Rotsees = St. Gallerschichten.
4. Obere Süsswassermolasse = Napf-Albisschichten.

In unserem Gebiet, wo die Zonen 2—4 in Nagelfluhfazies entwickelt sind, musste die Abgrenzung sehr willkürlich ausfallen. Einzig die Luzernerschichten liessen sich durch Fossilfunde bis zur Ilfis nachweisen.

KAUFMANN sucht nun, die angeführten lokal-stratigraphischen Einteilungen in die geologische Altersskala einzuordnen. Die Rote Molasse der beiden subalpinen Sattelzonen gehört ins Aquitanien. Mit diesem Namen bezeichnen HEER und MAYER die unterste Schichtgruppe der Schweizermolasse: Rote Mergel von Weggis, Ennethorw usw. Darüber folgt nach diesen Autoren das Mayencien oder Langhien. Diese Stufe umfasst die «molasse grise» und nach paläontologisch-stratigraphischen Erwägungen KAUFMANN'S auch die Hohnschichten und Luzernerschichten. Die nächst höhere Etage wird von MAYER als Helvétien bezeichnet. Hierher gehören nach ihm der subjurassische Muschel-sandstein (Aargauerschichten nach KAUFMANN), die Bernerschichten (Belpberg) und die St. Galler-Luzernerschichten, und zwar so, dass die obersten, fossilreichen Schichten der Zone St. Gallen-Luzern

ins obere Helvétien gestellt werden, während die darunter liegende Hauptmasse der Zone, die eigentliche Plattenmolasse, zum unteren Helvétien gerechnet werden, wie auch der subjurassische Muschelsandstein. Durch paläontologische Vergleiche findet MAYER in den Bernerschichten das Äquivalent der St. Gallerschichten. Auch STUDER hält den Muschelsandstein des Nordens für älter als die Petrefaktenlager des Belpberg, Längenberg, Imi und Bütschelegg (27, 445). Die Unsicherheit der Zusammenhänge dieser einzelnen Molassebezirke veranlassten KAUFMANN, die bestehenden Anschauungen einer kritischen Durchsicht zu unterziehen und der Altersfrage von neuen, mehr stratigraphischen Gesichtspunkten aus näherzutreten.

Gestützt darauf gelangt er zur Ansicht, dass die Berner-, Aargauer-, Napf- und Albisschichten dem gleichen geologischen Horizont angehören. Aus der Lagerung einer Nagelfluhschicht im Hangenden der Luzernerschichten schliesst KAUFMANN auf das höhere Alter der Luzernerschichten gegenüber den Bernerschichten. Dieses Nagelfluhlager zieht sich nach ihm, von Escholz matt herkommend, mit nord-westlichem Einfallen durch unser Gebiet, durchquert bei Dürrenbach den Talboden der Ilfis, bei Horben den der Emme. Nach KAUFMANN liegen nun die Luzernerschichten unter diesem Nagelfluhlager, die Bernerschichten (Reinsperg und Riedberg bei Signau) über demselben. Auf das Nähere wird im Abschnitt «Helvétien» eingegangen. Die St. Gallerschichten, welche unmittelbar die Basis der Albisschichten bilden, entsprechen ihrer Stellung nach ungefähr dem erwähnten Nagelfluhlager und nehmen somit eine Mittelstellung ein zwischen Luzerner- und Bernerschichten. Was für uns wichtig ist und den Kernpunkt des Werkes ausmacht, ist die Forderung eines unmerklichen Ineinanderüberfließens von mariner und brackisch-limnischen Fazies. Der Wechsel dieser Bildungen ist nicht mit einer Veränderung ihres Alters verknüpft, da Meeressedimente und Süßwasserablagerungen, wenn sie sich in seitlicher Richtung ineinander auskeilen, die Vertreter des gleichen Zeitabschnittes repräsentieren.

KAUFMANN gibt daher folgende Gliederung für die Molasse der mittleren Schweiz:

Stufen	Meeresmolasse		Süßwassermolasse	
Obere Molasse 300–600 m	Obere Meeresmolasse	Bernerschichten Aargauerschichten St. Gallerschichten	Obere Süßwassermolasse	Napfschichten Albisschichten — —
Mittlere Molasse 300–600 m	Mittlere Meeresmolasse	Luzernerschichten	Mittlere Süßwassermolasse	Hohrhoneschichten Aarwangerschichten
Untere Molasse 400–500 m	Untere Meeresmolasse	Horverschichten	Untere Süßwassermolasse	Rote Molasse

Am Aufbau unseres Untersuchungsgebietes sind nach KAUFMANN beteiligt:

4. Bernerschichten (respektive Napfschichten) als jüngste Bildung des Gebietes. Wechsellagerung von Nagelfluh und Sandstein.
3. St. Gallerschichten in Nagelfluhfazies.
2. Luzernerschichten; im Hangenden der Roten Molasse als Wechsellagerung von Nagelfluh und Sandstein.
1. Die Rote Molasse (bunte Mergel von Marbach-Schangnau).

1886. Für unser Gebiet grundlegend ist das 1886 erschienene Werk F. J. KAUFMANN'S: Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, Lieferung 24, 1886 (40). Auf Einzelheiten dieses Werkes wird in den nächsten Abschnitten einzugehen sein. Da aber auch die stratigraphische Gesamteinteilung Änderungen erfahren hat, möge kurz auf die Unterschiede gegenüber der früheren Einteilung (Lieferung 11 der Beiträge) hingewiesen werden.

Den marinen St. Gallerschichten stellt KAUFMANN die limnischen Rotseeschichten gegenüber. Letztere bestehen nach ihm aus gelben Mergeln, die auch in den nagelfluhreichen Gebieten die Trennung von Luzernerschichten und Aargauer- (Berner-)schichten ermöglichen sollen.

Auch in unserem Gebiet nimmt er die Abgrenzung von Unter- und Ober-Miocän respektive Luzerner- und Bernerschichten auf Grund eines Mergelkomplexes vor, den er als Repräsentant der Rotseeschichten ansieht. Diese Mergel bilden nach KAUFMANN das Liegende des in Lieferung 11 beschriebenen Nagelfluhlagers und ziehen von Äschau über Dieboldsbach und Hindten ins Gummentälchen. Dass diese Abgrenzung nicht zulässig ist, wird im Abschnitt «Helvétien» ausgeführt werden.

Im übrigen ist die stratigraphische Einteilung von derjenigen in Lieferung 11 (1872) nicht wesentlich verschieden; nur die Stufenamen wurden teilweise abgeändert. Die Gliederung sei schematisch wiedergegeben:

Stufen		Meeresmolasse	Süsswassermolasse
Miocän	Öber-Miocän	Aargauerschichten	Oeningerschichten
	Mittel-Miocän	St. Gallerschichten	Rotseeschichten
	Unter-Miocän	Luzernerschichten	Hohrhoneschichten
Oligocän	Öber-Oligocän	Ralligschichten	Rote Molasse

Diese Parallelisierungen haben sich als nicht richtig erwiesen. Dass die Berner- (Aargauer-)schichten und Napf- (Oeninger-Albis-)schichten in das gleiche Niveau gestellt werden, zeigt, dass KAUFMANN das Ostfallen der Molasse vom Aaretal an zu wenig berücksichtigt hat.

1890 wurde die Literatur durch die gekrönte Preisschrift von J. FRÜH: «Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz», bereichert (48). Was das obere Emmental betrifft, so bezieht sich FRÜH auf die Arbeiten von STUDER (2, 9) und KAUFMANN (13, 27, 40).

1891 gibt A. BALTZER unter dem Titel: «Zur Herkunft der bernischen bunten Nagelfluh» (50) einige Erklärungen über die Arbeit von FRÜH und bezeichnet die Nagelfluhfrage, soweit sie das Aaregebiet angeht, als «noch nicht spruchreif».

1892 erschien die Arbeit: «Zur Heimatbestimmung der Nagelfluh» (55) von H. FREY.

Auf die 3 Arbeiten wird bei der Besprechung der Nagelfluh zurückzukommen sein.

1901 machte die Stratigraphie des oberen Emmenthals wieder einen Fortschritt durch die Mitteilungen von E. KISSLING, benannt «Meeresmolasse im Emmenthal» (69). Er fand marine Fossilien im Gohlgraben (rechter Zufluss der Ilfis bei Bärau) und im Ilfis- oder Aspigraben, von wo bereits FANKHAUSER marine Funde bekanntgab. (Über diesen Fundstellen beginnt die obere Süsswassermolasse mit blaugrauen Mergeln, denen ein dünner Streifen Pechkohle eingelagert ist.) Dadurch entsteht eine Neuorientierung der Stratigraphie. Nach dem bathrologischen Schema der Molasse von KAUFMANN in Lieferung 24 der Beiträge gehen die Napfschichten (Oeningerschichten = Obere Süsswassermolasse) gegen N allmählich in die Aargauerschichten (Bernerschichten) über und teilen mit diesen das gleiche Alter. Diese Ansicht wird nun von KISSLING widerlegt. Er schreibt (69, 101):

«Für einen Teil des Gebietes am Westrande des Blattes XIII habe ich nachgewiesen, dass die obere Süsswassermolasse nicht in die marine Molasse übergeht, sondern dass sie von der letzteren unterteuft wird. Die Meeresmolasse des Ilfisthales hängt zusammen mit den marinen Schichten des Schwendlenbads, von Häutligen usw.»

1901. Im gleichen Jahre veröffentlicht L. ROLLIER eine Mitteilung über das Alter der Nagelfluh, benannt «Sur l'âge du conglomérat subalpin du Nagelfluh de la Suisse» (72) welcher er ausführt, dass die subalpine Molasse nicht älter als miocän sei.

1903 erschien nun das schöne Werk von E. KISSLING: «Die schweizerischen Molassekohlen westlich der Reuss» (78), als Fortsetzung der Studie von E. LETSCH: «Die schweizerischen Molassekohlen östlich der Reuss» (66). Es enthält einige Profile durch die kohlenführenden Schichten der Seitengraben der Ilfis zwischen Langnau und Trubschachen. Diese Schichten gehören nach KISSLING zur oberen Süsswassermolasse. Durch die Meerespetrefakten des Ilfis- und Gohlgrabens ist die marine Molasse im Liegenden der kohlenführenden oberen Süsswassermolasse erwiesen. Dadurch nimmt KISSLING eine stratigraphische Trennung der Nagelfluh des oberen Emmentals in eine marine (untere) und eine limnische (obere) Bildung vor, die wesentlich von der FANKHAUSERS abweicht. Dieser sieht im Liegenden der fossilführenden marinen Schichten die untere Süsswassermolasse, im Hangenden aber die marine Molasse (Bernerschichten). KISSLING hat, gestützt auf die nämlichen Fundstellen, die ganze stratigraphische Einteilung um eine Stufe tiefer verlegt: Das Liegende bezüglich der marinen Fundstellen ist Meeresmolasse, das Hangende aber obere Süsswassermolasse.

Gestützt auf diese Verhältnisse macht KISSLING geltend, dass sich auf der W-Seite der Nagelfluhmasse des Napfs eine scharfe Gliederung der Sedimente in Meeresmolasse und obere Süsswassermolasse durchführen lasse.

1904 äussert sich L. ROLLIER in der Arbeit: «Die Entstehung der Molasse auf der Nordseite der Alpen» (79), in welcher er die Entstehung und Altersverhältnisse diskutiert, in Übereinstimmung mit seiner früheren Publikation (72) wie folgt über das Alter der Nagelfluh (79, 165):

«Die Stratigraphie der subalpinen Molasse lässt sich im Bregenzerwalde ganz klar feststellen. Man sieht hier auf das Deutlichste, dass die Nagelfluh bloss im Miocän existiert, und dass das Oligocän davon vollständig frei bleibt.»

Seither ist wenig mehr über die Molasse des oberen Emmentals geschrieben worden.

1922. Die Ergebnisse aller Forschungen sind nun in dem gewaltigen Werke ALBERT HEIMS, «Geologie der Schweiz», Band I, erschienen im Jahre 1919, in übersichtlicher Weise interpretiert, und so haben wir nun ein klares Bild vom heutigen Stande der Erkenntnis.

In jüngster Zeit sind noch folgende Publikationen erschienen, die mit unserem Untersuchungsgebiet in engerem oder weiterem Zusammenhange stehen:

1923. J. CADISCH: «Entstehungsgeschichte der Nagelfluh» (153).

1925. E. BAUMBERGER: «Die subalpine Molasse von Luzern» (168).

1925. E. BAUMBERGER: «Versuch einer Umdeutung der Profile durch die subalpine Molasse der Zentral- und Ostschweiz» (169).

1925. P. ARBENZ: «Expertenbericht zuhanden der Baudirektion des Kantons Bern betreffend Wasserableitung aus dem Emmental durch die Stadt Bern» (geologischer Teil) (172).

1927/28 (im Drucke). R. RUTSCH: «Geologie des Belpbergs» (176).

Auf alle diese Arbeiten werden wir später Bezug nehmen.

II. Stratigraphie.

Es wurde bereits früher bemerkt, dass die Stratigraphie unserer Molasse lange Zeit sehr unsicher war und auch heute noch viele Unklarheiten in sich schliesst. Dieser Umstand liegt in der lithologischen Ähnlichkeit verschiedenaltiger Molassebildungen begründet, in der gleichförmigen Wiederholung der faziellen Verhältnisse im kleinen wie im grossen. Nirgends finden wir Anzeichen für starke Eingriffe in die Gleichmässigkeit der Molassesedimentation, nirgends Besonderheiten, die die eine Stufe vor der andern lithologisch scharf auszeichnen würde, vielmehr herrscht ein ruhiges Ineinanderfließen der Gesteinstypen. Die Lagerungsverhältnisse, wegen Vegetation und Bedeckung durch jüngere Ablagerungen oft auf grosse Strecken undeutlich, gaben zunächst keine hinreichende Stütze für die Gliederung der Molassesedimente. Auch die Paläontologie vermochte nicht zu einer eindeutigen Einteilung zu führen.

Die langsamen Änderungen der Bildungsfaktoren, die der Molasseperiode eigen sind, machen es verständlich, dass sich die niedrige Fauna nur langsam differenzierte und gleiche Arten oft in mehreren Stufen vertreten sein können. Eine Ausnahme hiervon machen unter anderem die Säugetiere; allein solche stratigraphisch wertvollen Funde sind ziemlich spärlich. Die gegenseitigen Ergänzungen aller Bestimmungsmöglichkeiten führten schliesslich zu der Molasseeinteilung, wie wir sie heute besitzen und welche im einzelnen in so sicheren Untersuchungen verankert ist, dass man ihr einen hohen Grad der Richtigkeit beimessen darf. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, den mühevollen Weg dieser Entwicklung zu durchgehen, dazu sei auf die Literatur verwiesen; aber wenn wir im folgenden die einzelnen Stufen der Molasse besprechen, so soll uns bewusst sein, welch grosse und mühevollen Arbeit hier geleistet wurde, um aus Wahrheit und Irrung die Basis herauszubilden, auf welche die heutigen Molasseforschungen abstellen.

Am Aufbau unseres Untersuchungsgebietes sind folgende Molassestufen beteiligt:

Miocän	{	Vindobonien	{ Tortonien	(Napfschichten)
		(II. Mediterranstufe)	{ Helvétien s. s.	(Rotseeschichten)
	{	Burdigalien		(Luzernerschichten)
		(I. Mediterranstufe)		
Oligocän		Aquitaniën		(Rote Molasse).

1. Aquitanien (Rote Molasse).

a) Verbreitung des Aquitans im Untersuchungsgebiet.

Das Aquitan bildet den Hügelrücken zwischen dem Marbach-Schonbachtal im E und dem Schärli-Weisenbachtal im W. Die sanften Höhen von Ob.-Binzberg im N über Grotzenboden, Oberstädeli, Schärliberg, Gerstenrütti bis Unter- und Mittelbuchsachen bestehen aus diesen Gesteinen. Als Grenze gegen das Burdigalien lässt sich eine Nagelfluhschicht verfolgen, die, von Escholz matt herkommend, die Basis der Luzernerschichten bildet. Sie zieht sich von Wigglen her im Guggknobelgebiet südlich des Punktes 1022 vorbei, senkt sich ins Schärli- und steigt beim Schulhaus Schärli den westlichen Abhang hinan nach Oberbergli, streicht von hier durch den Balmeggraben in den Buchsachengraben. Dann schneidet sie den Rücken von Buchsachen und senkt sich gegen den Schonbach, wo sie bei Studweidli den Talboden erreicht.

KAUFMANN gibt der Roten Molasse, die er auf Blatt XIII der geologischen Karte der Schweiz mit *mr.* bezeichnet, eine geringere Verbreitung. Er zeichnet nur eine schmale Zone am Abhang gegen das Marbachtal. Das erklärt sich wohl daraus, dass er die Aufschlüsse im Meisenbach- und Buchsachengraben nicht besucht hatte oder dass sie damals durch Schutt oder Vegetation bedeckt waren, da er den Mangel an Entblössungen im Bereich der Roten Molasse erwähnt. Im Meisenbach- und Buchsachengraben, wie der Oberlauf des ersteren benannt wird, finden sich genau die gleichen Gesteine aufgeschlossen wie auf der linken Seite des Marbachtals. KAUFMANN fasst dann dieses Gebiet zusammen mit der Nagelfluhregion des Kurzenbaches zum Komplex der Hohrhoneschichten (*mi* in der Karte). Diese sind nach ihm das limnische Äquivalent der Luzernerschichten, also Burdigalien (40, 560). Die Schichten von Binzberg und Buchsachen gehören also auch nach diesem Autor zu einer Süswasserablagerung, er hielt sie aber irrtümlicherweise für jünger als die Rote Molasse.

b) Beschreibung der Gesteine.

Die Rote Molasse besteht aus einem Komplex buntgefärbter Gesteine. Doch wäre es falsch, der Benennung entsprechend, durchgehend rote Färbung zu vermuten. Auch andere Farben, licht- bis starkgrün, hell- bis dunkelblau und gelb sind vertreten. Aber die rosafarbenen und dunkel-rosten Töne sind so auffallend, dass sie trotz ihres untergeordneten Auftretens dem ganzen Komplex ein charakteristisches Gepräge verleihen.

Lithologisch stellt die Rote Molasse einen mannigfaltigen Wechsel von Sandsteinen und Mergeln dar, die durch alle Übergänge miteinander verbunden sind. Die stärksten Färbungen zeigen die Mergel, während die Sandsteine weniger intensiv gefärbt sind.

Sandsteine: Meist massige, seltener geschichtete, lockere bis schwach verfestigte Sandsteine, tiefgründig zu «Sandmutte» verwitternd, von gelblicher bis grauer, seltener rötlicher Farbe, angewittert gelbbraun bis braun. Die Korngrösse wechselt oft stark und führt von feiner Nagelfluh bis zu Mergelsandstein. Im allgemeinen ist der Sandstein mittel- bis feinkörnig. Die Färbung des frischen Gesteins wird durch den Mineralbestand bedingt, besonders durch die roten Feldspatkörnchen, die Anlass für die Bezeichnung «Granitische Molasse» gaben (STUDER 9, 348). In jüngster Zeit gebraucht BAUMBERGER diese Bezeichnung in stratigraphischem Sinne für die oberoligocäne Molasse, da diese Sandsteine, kenntlich an den roten Körnern (rote Feldspäte), als Leitgestein der oberoligocänen Molasse anzusehen seien (168, 166). Bei reichlicher Anwesenheit von Quarzkörnchen erscheinen die Sandsteine hell- bis weissgrau. Nach ihrer Zusammensetzung bilden alle diese Sandsteine die feinkörnige Fazies der bunten Nagelfluh.

Mergel und Tone: Sie sind die buntesten Schichtglieder der unteren Süsswassermolasse und besitzen rostrote, hellrote, gelbe, graue, licht- und dunkelgrüne, blaue, violette und schwärzliche Farben. Die Farben können entweder langsam ineinander übergehen oder aber an scharfen Grenzen einander ablösen. Dabei beobachtet man häufig einen raschen Wechsel verschieden gefärbter, dünner Schichtchen, welche nur einige Zentimeter dick werden. Die Farbänderung vollzieht sich somit gewöhnlich in vertikaler Richtung, doch werden nicht selten auch seitliche Übergänge bemerkt in der Art, dass verschieden gefärbte Lagen fingerförmig ineinander hineingreifen oder ineinander übergehen. Eine Besonderheit stellen stark grüne, kleine Nester und Flecken dar, die innerhalb der dunkelroten Mergel häufig zu sehen sind. Auch bei den Mergeln gibt es hinsichtlich der Korngrösse alle Übergänge von tonigen Mergeln zu mergeligen Sandsteinen. Durch Abnahme des Kalkgehaltes gehen die Mergel in Tone über.

Auf den Mineralbestand, Karbonatgehalt und die Körnerdurchmesser, sowie auf die technische Verwendbarkeit der Sandsteine und Mergel wird im Abschnitt über die «Sandstein- und Mergeluntersuchungen» eingegangen.

Nagelfluh: ROLLIER hat die Existenz von oligocäner Nagelfluh bestritten (72, 684; 79, 165). Dass diese Ansicht nicht haltbar ist, wurde seither genügend begründet. Im Aquitan erreicht die Nagelfluh allerdings nicht die Mächtigkeit, wie wir sie aus dem Burdigalien und Vindobonien oder im Stampien kennen. Dies gilt ganz besonders für das obere Emmental. Die Nagelfluh bildet untergeordnete Einlagerungen von einigen Zentimetern bis höchstens einigen Metern Mächtigkeit und meist geringer horizontaler Erstreckung. Es sind Geröllschnüre, Bänke oder nesterförmige Einschaltungen, die sich in den Sandstein- und Mergelmassen auskeilen und nur selten grössere Strecken durchziehen. Sie bestehen aus bunten Geröllen von Baumnuss- bis Faustgrösse.

Süsswasserkalk: Auch dieser ist nur ein akzessorischer Bestandteil des Sandstein- und Mergelkomplexes. Er bildet einige Zentimeter bis wenige Dezimeter dicke Bänke, welche aus dem Begleitgestein vorstehen und durch ihre Zähigkeit auffallen. Ihre Farbe ist stets rötlich, oft mit grünen Flecken. Petrographisch handelt es sich um Mergelkalk; reiner Kalkstein ist nirgends zu finden. Die Süsswasserkalkbänke sind auf die obersten Lagen des Aquitans beschränkt und finden sich hier im Buchschachen-graben, an der Grenze gegen das Burdigalien.

Über die Ursache der Rot- und Buntfärbung der beschriebenen Gesteine sind die Akten noch nicht abgeschlossen. Bei den roten Mergeln liegt es nahe, an eine verschwemmte Terra-rossa zu denken, und es fehlt denn auch nicht an solchen Interpretationen. Dass wir in vielen roten Schichten richtige Tone vor uns haben, wurde schon gesagt. Rote, grüne und blaue Mergel sind auch in der oberen Süsswassermolasse anzutreffen, die Buntfärbung ist also, wie auch RUTSCH betont hat (176), gar nicht an ein stratigraphisches Niveau gebunden. Damit streifen wir die Ansichten über die Fazies der Roten Molasse.

c) Aufschlüsse.

Gute Aufschlüsse finden sich an der Taubenfluh (Prallstelle der Hilfern), welche schon von KAUFMANN beschrieben wurde (13, 58), im Wittenmoosgraben, im Bächlein, das bei Staldenmoos mündet. Hier hat man besonders gute Einsicht in die Verschiedenartigkeit der Gesteine sowohl in Zusammensetzung, Grösse der Körner, als auch in Verfestigung und Farbe. Es gibt neutralgraue Sandsteine, wenig verfestigt und von grösserem oder kleinerem Korn; dann solche von hellgrauer und weisser Färbung, meist etwas grobkörnig, mit einem hohen Gehalt an Quarzkörnern, was die helle Tönung bedingt; in einigen Zonen sind diese durch kieseliges Bindemittel stark verfestigt und ragen daher aus den weicheren Varietäten heraus. Andere Typen zeigen eine rötliche und braune Anwitterungsfarbe und erscheinen im Bruch gelblich gefärbt. Ähnliche Mannigfaltigkeit zeigen auch die Mergel. Interessant ist eine Reihenfolge bunter Mergel, die sich in verschiedenen Niveaus wiederholt: Stark rote Mergel, überlagert von dunkelblaugrünen bis schwarzen Mergeln. Nagelfluh tritt auf in Nestern und unregelmässigen Zonen, nie mächtig.

Weitere Aufschlüsse findet man in den Bächlein, welche nördlich und südlich von Neuhaus in den Marbach münden, dann im Schärlihtale bei Vogelsang, Gehöft Mittler Meisenbach, und namentlich im Bett und an den beiderseitigen Hängen des Meisenbaches und Buchschachengrabens.

d) Fazies.

Wenn auch in der Roten Molasse selbst keine Süsswasserschnecken zu finden sind, so stehen diese Schichten doch mit solchen in Verbindung (West- und Ostschweiz, Allgäu), die durch Kohleführung, Auftreten von Süsswasserkalk sich als lakustre Bildungen zu erkennen geben. Marine Spuren fehlen (33, 37, 38, 66, 74, 77, 78, 82, 106, 124, 129, 139, 161).

In unseren Gegenden ging die Bildung der «Roten Molasse» während der ganzen Aquitanzeit kontinuierlich weiter, in der Westschweiz dagegen bildete sich im Ober-Aquitain, infolge einer Änderung der geologischen Faktoren, ein anderer Sedimenttyp, die Kohlenmolasse. Hier wie dort wird der Komplex von den marinen oder brackischen Sedimenten des Burdigaliens überlagert. Der oberste Teil der rötlichen Gesteinsserie unseres Gebietes ist demnach das Äquivalent der westschweizerischen Kohlenmolasse.

In Südbayern wird die Bunte Molasse, die Fortsetzung unserer Roten Molasse, im NE von einigen Forschern (74) als terrestrische Bildung, von andern aber als Brackwasserabsatz angesehen.

e) Alter und paläontologische Verhältnisse der Roten Molasse.

In meinem Untersuchungsgebiet gelang es mir nicht, ausser einigen unbestimmbaren Blattspuren, Fossilien zu finden.

ALB. HEIM gibt ein Verzeichnis der wichtigeren Fundorte von Molassepflanzen (Geologie der Schweiz, Bd. I, p. 139). Für die Rote Molasse in den subalpinen Antiklinalen nennt er Montagny bei Lutry, Vevey und Richevue bei Vevey (Waadt): Rote Mergel mit nur dürftigen und seltenen Resten; am häufigsten sind Sabalpalmen. Der Roten Molasse eigentümlich ist die Palme *Flabellaria latiloba*.

Die Fauna, welche auch nicht stark vertreten ist, lieferte in der West- und Ostschweiz doch einige Funde, welche die eindeutige Eingliederung der Roten Molasse in die Altersskala ermöglichten. In den Süsswasserkalken finden sich *Helix Ramondi*, BROGN.; *Helix massiliensis*, MATH.; *Planorbis cornu*, BROGN.; *Limnaea* und *Neritina*. *Helix (Plebecula) Ramondi*, BROGN., ist für das Aquitan leitend. Charakteristisch für dasselbe sind auch die Kohlentiere oder *Anthracotherien*, die in der Schweiz wie in den Nachbargebieten verschiedentlich gefunden wurden (122).

Aus paläontologischen Gründen wird in der Westschweiz die Kohlenmolasse zum Ober-Aquitain, die Rote Molasse als deren Liegendes zum Unter-Aquitain gerechnet. Im oberen Emmental umfasst deshalb die Rote Molasse die Zeit von Unter- bis Ober-Aquitain, da, wie oben gesagt wurde, der oberste Teil der roten Gesteinsserie von Marbach mit der Kohlenmolasse identisch ist.

f) Alter der granitischen Molasse.

Wir müssen jetzt noch den granitischen Sandstein näher ins Auge fassen, da dieser in der Literatur nicht immer mit dem gleichen Alter erwähnt wird, was leicht Verwirrung schaffen könnte.

STUDER bezeichnet ihn als Abänderung der «gemeinen Molasse» (Sandsteine von Lausanne, Freiburg, Ostermundigen, Stockern und Krauchthal), die gewöhnlich in der Nähe oder als Einlagerung der bunten Nagelfluh erscheine und wohl auch aus zertrümmerten Nagelfluhgeröllen hervorgegangen sei (9, 348). Über die stratigraphische Stellung wird nichts gesagt.

Nach GUTZWILLER bildet er eine 2 km breite Zone, die sich nur nördlich der nördlichen Antiklinale findet und sich vom Rheintal am oberen Ende des Bodensees ohne Unterbruch bis westlich des Zürichsees erstreckt (33, 35). Diese Zone weist er in den südlichen und mittleren Teil der unteren Süsswassermolasse (37, 7).

ALB. HEIM stellt die granitische Sandsteinzone als unmittelbare Unterlagerung der plattenförmigen Molasse ins Burdigalien. Ausserdem kommt nach ihm dieses Gestein nur in der Ostschweiz, vom Rheintal bis zum Zürichsee vor (St. Margrethener-, Wattwiler-, Bildhauser-, Bollinger-, Zuger-Sandstein), fehlt dagegen westlich des Zürichsee (149, 73, 107).

BAUMBERGER aber sieht in dem granitischen Sandstein das Leitgestein für das Oberoligocän, im Gebiet der subalpinen Molasse von Luzern, bestätigt durch die Säugetier- und Molluskenfauna (*Helix lapidotricha*, A. BRAUN; *Plebecula Ramondi*, BRONGT.; *Cepaea rugulosa*, ZIET.) (168, 166—167).

Wie verhält es sich nun in unserem Untersuchungsterrain? Hier ist der Sandstein nicht mehr so charakteristisch wie bei Luzern. Namentlich sind die roten Feldspatkörnchen nicht mehr so zahlreich eingestreut wie dort, und das Gestein bekommt oft mehr Ähnlichkeit mit der gemeinen Molasse. Dies ist aber wohl zum grossen Teil auf eine Änderung infolge Verwitterung zurückzuführen. Die in frischem Zustande roten Feldspatkörner wurden durch den Verwitterungsvorgang ganz oder teilweise umgewandelt. Der wasserdurchlässige Sandstein ist viele Meter tief zersetzt, so dass man mit dem Hammer nie ein ganz frisches Stück schlagen kann. So ist es auch bei Luzern, wo man nach mündlicher Mitteilung von Herrn Dr. BAUMBERGER nur in den Steinbrüchen, welche im granitischen Sandstein angelegt sind, frisches Material gewinnen kann. Es ist aber trotz dieser Zersetzung leicht möglich, das Gestein von den blauen, häufig gebankten Sandsteinen der burdigalen Luzernerschichten zu unterscheiden, die das normale Hangende des granitischen Sandsteins bilden. Wir haben somit folgende Verhältnisse vor uns: Die marinen Bildungen des Burdigaliens beginnen mit einer Wechselagerung von Nagelfluh- und Sandsteinschichten, von je 10—30 m Mächtigkeit. Viele dieser Sandsteinschichten unterscheiden sich in nichts von der granitischen Molasse des Aquitans, obschon man sie zum Burdigalien rechnen muss, weil sie von blaugrauen, fossilführenden Bänken durchzogen werden, welche zweifellos Luzernerschichten sind. Die Grenze Oligocän-Miocän dokumentiert sich nicht in ausgeprägten faziellen Gegensätzen, es ist vielmehr eine sukzessive Umstellung der petrographischen Verhältnisse, wobei sich die Entstehungsbedingungen für die granitische Molasse auch noch im untersten Burdigalien zu behaupten vermochten, um dann allmählich den neuen Einflüssen, welche die Bildung der Sedimente des Burdigaliens beherrschten, zu weichen. Diese langsame Veränderung ist lithogenetisch im Grunde besser verständlich als ein abrupter Wechsel.

Zu Beginn des Burdigaliens brachten die Flüsse das gleiche Material zum Absatz wie im Aquitan. Erst später bildeten sich Sedimente, die in Mineralbestand, Textur und Farbe wesentlich vom granitischen Sandstein abweichen. Die Ursachen für diese Änderung können sowohl im Einzugsgebiet der Flüsse und ihrer erodierenden Tätigkeit, als auch in den Tiefenverhältnissen, im Salzgehalt usw. des Sedimentationsraumes gesucht werden.

Zusammenfassend können wir sagen: Im Gebiet zwischen Emme und Ilfis hat der granitische Sandstein seine Verbreitung im Aquitan und im untersten Burdigalien.

Somit fällt die Grenze Aquitan-Burdigalien nicht mit dem Verschwinden der granitischen Molasse zusammen.

g) Lagerungsverhältnisse.

Die Lagerungsverhältnisse sind einfach und kommen schon in der Morphologie zum Ausdruck.

Im nördlichen Teil des Gebietes (Binzbergregion) herrscht durchwegs NW-Fallen: Guggknubel-Binzberg 23° N 315° W, Schartenmatt-Schärhof 50° N 300—310° W, Vogelsang 30—35° N 300—310° W, Schärli 26° N 280° W. Im mittleren und südlichen Teil (Schärliberg und Buchschachenregion) wendet sich die Fallrichtung kontinuierlich nach W und SW: Balmegggraben 30° N 285° W, Meisenbach 35° N 285° W, Junkermos-Unter Buchschachen 20° W, oberster Teil des Buchschachengrabens 20° W, mittlerer Teil 25° W, Kalberweidli (nahe der Mündung des Steiglenbaches, Marbachtal)-Neuhausbuchschächli 45—35° W, die schönen, schon vom Topographen ausgedehnten Schichtplatten oberhalb Stäckis (westlich Marbach) 20° S 240° W, Nagelfluhschichtflächen von Rogiweid 20° W 250° S.

Aus diesen aufgezählten Werten wird gut ersichtlich, wie das Streichen der Zone aus der NE-SW-Richtung erst noch NS abdreht und schliesslich nach NW-SE umschwenkt, somit ein umlaufendes Streichen zeigt. Die tektonische Bedeutung dieses Verhaltens wird in einem speziellen Abschnitt diskutiert werden.

b) Fortsetzung der Zone der Roten Molasse (Aquitane) im NE und SW.

Nach NE hin zieht sie sich, immer den Kern der nördlichen Antiklinale bildend, über Escholz-matt, Schöpfheim nach Kriens und Luzern und von da weiter nach Adligenschwyl und Udligenschwyl nach Buonas und Oberwyl am Zugersee. (Blatt XIII und VIII der geologischen Karte der Schweiz.) In ihrer weiteren Fortsetzung ist sie von quartären Ablagerungen bedeckt, doch geht ihr Verlauf, nach KAUFMANN, über Menzingen (27, 210).

Vom Zugersee an ändert sich der petrographische Charakter des Aquitane der nördlichen Antiklinale. Während von Marbach bis hierher die roten Mergel und Mergelsandsteine dominierten, beginnen nun andere Gesteine zu überwiegen. Nach dem Hangenden zu werden sie von der granitischen Molasse verdrängt, und nach dem Liegenden hin gewinnt auf ihre Kosten ein fester Kalksandstein (subalpine Molasse STUDERS) die Oberhand. Allein, ganz verschwinden die roten Gesteine doch nicht und bilden auch hier, wenn auch stark reduziert, den eigentlichen Antiklinalkern (GUTZWILLER 33, 37). Die aquitanen Bildungen des Gewölbekernes lassen sich demnach in zwei Faziesgebiete einordnen, die ungefähr durch den Zugersee geschieden werden. Das östliche Gebiet lässt sich bis nach St. Margrethen im Rheintal verfolgen.

Nach SW und W ist die Antiklinale nicht mehr vorhanden oder tritt wenigstens nicht mehr zutage. Auf Blatt XIII ist eine zweite Zone der Roten Molasse eingetragen, die von der beschriebenen durch eine Synklinale getrennt ist und zum Kern der südlichen Antiklinale gehört. Sie lässt sich, wie die der nördlichen Antiklinale, von der Ostschweiz bis nach Marbach verfolgen. Von hier zieht sie über Schangnau, dem N-Fuss der Hohen Honegg entlang nach Langenegg (südlich Schwarzenegg) und weiter bis Steffisburg (KAUFMANN 13, 109). Von Marbach bis Steffisburg ist also die Rote Molasse nicht mehr in zwei, sondern nur in einer Zone vorhanden. Nach KAUFMANN ist nun die Möglichkeit gegeben, dass sich die nördliche Zone, die er bei Marbach unter dem Quartär enden lässt, mit der südlichen vereinigt und mit dieser zusammen die Zone Schangnau-Steffisburg bildet. Er spricht jedoch diese Idee nicht mit Sicherheit aus. Dagegen gilt bei ROLLIER diese Vereinigung als Tatsache (105, 77 u. 78).

Demgegenüber müssen wir, gestützt auf die Streich- und Fallmessungen, betonen, dass eine derartige Konfluenz nicht stattfindet, sondern dass die nördliche Antiklinale (und die Rote Molasse als Kern derselben) infolge Axialgefälle gegen SW in die Tiefe taucht und bei Marbach ihr Ende findet.

Nach den neueren Forschungen ist die Rote Molasse südlich der Synklinallinie (Ostschweiz bis Schangnau-Schwarzenegg-Steffisburg) nicht der Kern einer Antiklinale, sondern die Basis einer überschobenen Masse. Und diese Basis ist nicht Aquitanien, sondern Stampien (BECK 150; BAUMBERGER

168, 173). Es muss daher angenommen werden, dass die nördliche Antiklinale westlich Marbach unter die aufgeschobene Molasse streicht und von da an nach Westen von ihr überdeckt wird.

Auf das Nähere wird im Abschnitt über die Tektonik zurückzukommen sein.

2. Burdigalien und Helvétien.

(Hohrhoneschichten, Luzernerschichten und Rotseeschichten.)

Burdigalien und Helvétien können in unserem Untersuchungsgebiet nicht getrennt werden, da beide Stufen zusammen einen massigen Nagelfluhkomplex bilden, der sich in keiner Weise gliedern lässt. Daher sollen sie auch hier im Zusammenhange besprochen werden.

A. Luzernerschichten (Burdigalien).

Die Luzernerschichten (plattenförmige Molasse STUDERS) bilden, namentlich bei Luzern, eine deutlich abgegrenzte Gesteinsart im Hangenden der Roten Molasse und gehören dem Nordflügel des Nordgewölbes an. Es sind graue oder bläuliche, gut geschichtete, plattige Sandsteine von feinem Korn und starker Verfestigung. Auffallend ist der Glimmerreichtum, besonders auf den Schichtfugen.

a) Die Luzernerschichten von Luzern bis zur Ilfis.

Von Luzern gegen SW hin verfolgt KAUFMANN diese Zone bis in unser Gebiet, wo er sie fast vollständig durch Nagelfluh verdrängt findet (27, 321). Fossilführend kennt er sie noch zwischen Ober-Lindenbühl und Willischwand bei Schüpfheim (*Tapes helveticus*), im Bockerngraben zwischen Schüpfheim und Escholz matt (*Tapes helveticus*, *Tapes Ulmensis*, *Diplodonta rotundata*, *Nucula*), ferner im Lompbachgraben bei Escholz matt (*Tapes Ulmensis*, *Tapes helveticus*, *Lutraria Gallensis*) und schliesslich bei Mittler-Beinbrechen im Ilfistal (*Tapes helveticus*).

Mit der Überhandnahme der Nagelfluh im südwestlichen Gebiete geht auch eine lithologische Veränderung der Sandsteine parallel, was KAUFMANN ausdrücklich betont: «Der Sandstein selbst ist gemeine oder granitische Molasse, hat jedoch zuweilen noch Ähnlichkeit mit den Luzerner Sandsteinen» (13, 118).

b) Die Luzernerschichten zwischen der Ilfis und Marbach (= Unter Burdigalien).

Die Fazies der typischen Luzernerschichten tritt nur noch ganz untergeordnet auf, als meist dünnplattige, muskowitzreiche Sandsteine mit bläulich- oder grünlichgrauer Färbung, guter kalzitischer Verfestigung und feinem bis mittelfeinem, gleichmässigem Korn. Die Hauptmasse der Sandsteine aber entspricht den Typen der gemeinen und granitischen Molasse, ist dickbankig oder massig, grau bis gelb gefärbt und wenig verfestigt, oft sogar locker. Die Sandsteine wechseln mit bläulich- oder grünlichgrauen Mergeln, welche manchmal stark braun bis rot verfärbt sind. Sie sind bröckelig, oft sandig, und der Übergang von Sandstein zu Mergel ist ein allmählicher.

Diese Sandstein-Mergelzonen sind in Wechsellagerung mit Nagelfluhzonen, von welchen sie an Mächtigkeit übertroffen werden. Im ganzen kann man 5 Sandstein-Mergelzonen ausscheiden, die in einer Mächtigkeit von 10—30 m mit Nagelfluh abwechseln. Die Mächtigkeiten sind nicht konstant, sondern ändern sich oft ganz beträchtlich, indem die Sandsteinschichten sich zwischen den liegenden und hangenden Nagelfluhmassen ausdünnen oder dass andererseits die Sandsteine und Mergel plötzlich anschwellen. Im kleinen konstatiert man noch einen mannigfaltigeren Wechsel. Nagelfluhschichten von 1 m Dicke durchziehen die Sandsteine, und diese bilden ihrerseits dünne und unregelmässige Einlagerungen in der Nagelfluh.

An einigen Stellen, so z. B. im Buchschachengraben, sind im Sandstein rötliche Mergelkalkbänder von einigen Dezimetern Dicke eingelagert.

Auch Kohleschmitzen sind nicht selten vorhanden.

c) Aufschlüsse.

Einen guten Einblick in die lithologischen Besonderheiten dieser Zonen erhält man im Buchschachengraben. Die tiefsten Schichten entsprechen vollkommen den Gesteinen des Aquitans: rote Mergel und gelbe und graue Sandsteine mit brauner Anwitterungsfarbe. Wir haben hier den Übergang vom Aquitan zum Burdigalien, wo indes die aquitane Fazies auch in den jüngeren Bildungen unverändert bleibt. Erst in den höheren Sandsteinzonen erscheinen Sandsteinarten, die mit den Luzernerplatten Ähnlichkeit besitzen. Allein auch hier erhält man nicht den Eindruck einer marinen Gesteinsserie. Neben den grauen Sandsteinen findet man grüngraue, violette und rote Mergel, selbst einige rot gefärbte Mergelkalkbänke von wenigen Dezimetern Mächtigkeit fehlen nicht. Dies lässt vielmehr vermuten, dass auch während des Burdigalien brackisch-limnische Zustände gegen die marinen Einflüsse die Übermacht behielten.

Fossilführend fand ich die Luzernerschichten im Untersuchungsgebiet nur an einer einzigen Stelle, am Abfall des Guggknubels gegen die Ilfis. Hier ist im Wässerlein, das von Punkt 1007 herabfließt und beim Gasthof «Rössli» mündet, das Anstehende gut aufgeschlossen.

Die Schichtfolge von unten nach oben ist folgende:

1. Nagelfluh.
2. Dünnplattiger, fester und feinkörniger Sandstein von grauer Farbe mit einem Stich ins Bläuliche.
3. Nagelfluh.
4. Neutralgrauer, wenig verfestigter Sandstein, der von einer 1 dm dicken, festen Bank durchzogen wird. Höhe 810.
5. Sandstein, erfüllt von Geröll. Das lockere Konglomerat ist nur einige Zentimeter mächtig.
6. Grünlicher, sandiger Mergel.
7. Nagelfluh (1 m).
8. Grünlich-grauer Sandstein.
9. Nagelfluh (2 m).
10. Grünlicher, mergeliger Sandstein und sandiger, dünngeschichteter Mergel, der rundliche Mergelkonkretionen enthält.
11. Ungeschichteter, fester Sandstein (4 m) mit Kohleschmitzen, Höhe 820.
12. Bläuliche und grünlichgraue, bröckelige Mergel, stellenweise durch Eisenverbindungen braun und rot verfärbt. Häufig von festen Sandsteinbänken durchzogen (20 m).
13. Nagelfluh. Höhe 840. Diese reicht bis zum Gipfel des Guggknubels.

In dem Sandstein-Geröll-Aggregat der Schicht 5 gelang es mir, zwei Petrefakten aufzufinden. Es sind beides sehr schlecht erhaltene Gesteinskerne, die sich zwischen den Gerölln befanden. Der Sandstein selbst war fossilileer. Das eine dieser Stücke liess sich bestimmen als

Mastra? (*Spisula*), sp. indet.,

während für das andere Exemplar die Bestimmung unmöglich war. Möglicherweise könnte es sich um eine *Tapes* sp. handeln. Trotz langen Suchens gelang es nicht, weitere Funde zu erzielen.

d) Die Luzernerschichten bei Escholzmatt.

Von der Ilfis an nach NE ändert sich der Gesteinscharakter der Luzernerschichten sehr rasch. Schon bei Escholzmatt finden wir viel typischere Luzernerplatten, als das in unserem Gebiet der Fall ist. Im Bläuelgraben, einem linken Zuflüsschen des Lompbaches, fand ich in blauem Sandstein zahlreiche Steinkerne von *Tapes helvetica*. Dann wurde bei Escholzmatt eine neue Stelle mit marinen Versteinerungen bekannt. Herr Dr. med. PORTMANN in Escholzmatt hatte die Freundlichkeit, mich dorthin zu begleiten. Der Aufschluss liegt an der Vordergrabenstrasse (linke Talseite der Weissemme) neben dem Gehöft «Tellenmösli» (Gemeinde Escholzmatt). Hier wurde durch eine Strassenanlage ein Sandsteinriff angeschnitten. Das Gestein ist sehr stark verfestigt, von bläulicher Farbe und ganz erfüllt mit Muschelschalen. Das Bindemittel ist Kalk. Dem ganzen Wesen nach kann man diesen Muschelsandstein als Seelaffe bezeichnen. Weiter nach NE habe ich die Zone nicht verfolgt.

e) Verlauf der wechsellagernden Sandstein- und Nagelfluhzonen (= Luzernerschichten).

Von Escholz matt her streichen sie in unser Gebiet, bilden die Region des Guggknubels und ziehen sich durch den linken Abhang des Schärlihtales in das Gebiet des Kurzenbaches. Von hier gehen sie weiter nach dem Balmegggraben, dann in südlicher Richtung in den Meisenegg- und Buchschachengraben. Von da weg lassen sie sich nach SE über Buchschacheneegg und Ober Buchschachen verfolgen, von wo sie sich nach Rogiweid und Studweidli hinabsenken. Auf dieser ganzen Erstreckung gibt es nur in den Einschnitten der Gräben brauchbare Aufschlüsse, der ganze übrige Verlauf der Zonen wurde in der Karte durch Interpolation bestimmt, weshalb ihm keine grosse Genauigkeit beizumessen ist. Die untere Grenze des Komplexes wurde im vorigen Abschnitt festgelegt (Grenze Aquitan-Burdigalien). Die obere Grenze, welche die Sandstein-Nagelfluhzonen von der hangenden, massigen Nagelfluh trennt, mag, ohne Anspruch auf absolute Richtigkeit, etwa folgendermassen gezogen werden: Längmatt an der Ilfis-Sätteli-Hinter Kurzenbach-Schwändeli-Balmegg-Ober Meisenegg-Abhang von Thiergarten und Unter-Temperten-Untergühn-Fuss des Gühnhorns bei Wald.

In den Beiträgen, Lieferung 24, 1886, stellte KAUFMANN seinen marinen Luzernerschichten die limnischen Hohrhoneschichten als gleichaltriges Äquivalent an die Seite. Diese Trennung sehen wir auf Blatt XIII auch für unser Untersuchungsgebiet durchgeführt. Die Luzernerschichten werden im Entlebuch zu einer schmalen Zone, welche bei Beinbrechen, am rechten Ufer der Ilfis, westlich von Wiggen, auskeilt. Bis nach Entlebuch grenzen diese Schichten im SE an die Rote Molasse. Von da an schiebt sich ein schmales Band zwischen die Rote Molasse und die Luzernerschichten, das nach SW allmählich breiter wird und auf der linken Seite der Ilfis plötzlich zu grosser Mächtigkeit gelangt: Die Hohrhoneschichten oder das limnische Burdigalien. Das Areal dieser Stufe verbreitert sich in unserem Gebiet unvermittelt auf das Dreifache und umfasst das Gebiet des Guggknubels und des Schärlihtales, ferner den ganzen Bereich des Kurzenbaches, Balmegggrabens und Meisenbaches und die Hügelregion von Buchschachen bis nach Wald. Er schreibt: «Der marine Typus konnte von Luzern her durch das Entlebuch unter abnehmender Mächtigkeit bis in das Ilfisthal bei Wiggen verfolgt werden; weiterhin verliert sich die Spur allmählich, indem die Nagelfluh allgemein überhandnimmt. Von der Entle her bis zur Ilfis hat dabei der limnische Antheil entsprechend zugenommen» (40, 560). In gleichem Sinne äussert er sich auch an anderer Stelle, wo er den weiteren Verlauf der Luzernerschichten links der Ilfis schildert: «Danach ziehen sich diese, fast vollständig durch Nagelfluh verdrängt, vom Guggknubel in das Tälchen des Kurzenbaches und steigen dann in südlicher Richtung zum Rücken des Balmegggrates hinauf. Die Sandsteinzone gibt ihren Verlauf an den combenartigen Auskurbungen der Hügelzüge zu erkennen. Versteinerungen konnten hier keine gefunden werden» (40, 432).

Dieser Verlauf stimmt mit demjenigen unserer Sandstein-Nagelfluhschichten ziemlich gut überein. Eine Ergänzung zu diesen Ausführungen von KAUFMANN ergab sich aber nach folgenden Richtungen: Es liegt nicht nur eine Sandsteinzone vor, sondern mehrere (im grossen und ganzen zirka 5), und ferner: die Sandsteinzone zieht sich vom Balmegggrat mit westlichem und südwestlichem Einfallen durch den Buchschachengraben, über Ober Buchschachen zum Schonbach hinüber und schiesst unter die Nagelfluhmassen des Gühnhorns und Wachthubels ein.

Endlich muss infolge der neuen Funde mariner Fossilien bei Wiggen die von KAUFMANN gegebene Verbreitung der Luzernerschichten im Gebiet südwestlich der Ilfis etwas abgeändert werden. Die Nagelfluh, welche die Basis des beschriebenen Profils bildet, schneidet die Scheitellinie des Guggknubelzuges südlich des Signalpunktes, etwa bei Punkt 998. Damit wird also die ganze Zone noch weiter nach SE ausgedehnt, als es bei KAUFMANN geschehen ist, der sie in der Auskurbung zwischen Signalpunkt und dem nördlich gelegenen Punkt 1007 durchziehen lässt. Diese Nagelfluhbank ist aber noch nicht die Grenze gegen das Aquitan; diese liegt noch tiefer. Die Basisnagelfluh des Burdigaliens fällt mit 45° nach N 300—310° W und bildet eine deutliche Geländestufe. Wie in der Karte ersichtlich ist, passiert sie bei Punkt 1022 die Höhe, zieht sich am westlichen Hang des Binzberges hinab und schneidet beim Schulhaus Schärli den Talboden. Von da setzt sie sich in der früher beschriebenen Richtung fort.

Ausserdem sei noch bemerkt, dass noch ein Teil der Nagelfluh, die das Hangende der Nagelfluh-Sandstein-Wechsellagerung bildet und über welche im folgenden die Rede ist, zum Burdigalien (Luzernerschichten) gehört.

f) Fazies.

An die Funde im Bächlein bei Wiggen lassen sich einige Betrachtungen knüpfen. Einmal ist durch die beiden Lamellibranchiaten die Anwesenheit des Meeres erwiesen. Andererseits wird aber von den Kohleschmitzen, die im Profil der fossilführenden Schicht sehr nahe stehen, die Nähe des Festlandes verlangt. Ohne Zweifel sind diese Kohlen allochthone Bildungen. Aber diese sind nicht selten. Man findet Kohleschmitzen und -nester im Sandstein, in den Mergeln und auch in der Nagelfluh. Dies deutet nun aber doch darauf hin, dass die Küste in der Nähe zu suchen ist. Denn wären die eingeschwemmten Pflanzenreste weit ins Meer hinaus gespült worden, so hätten sie sich hier zu sehr verteilt, als dass sie zur Bildung der relativ häufigen Kohleinschlaltungen hätten führen können. Diese Kohle und die erwähnten Süsswasserkalke sowie das Hinübergreifen der Aquitanfazies in die Sedimente des Burdigaliens berechtigen die Schlussfolgerung, dass das Burdigalien im Gebiet zwischen Emme und Ilfis eine Süsswasserbildung ist. Der seichte Meeresarm, der sich zur Burdigalzeit in unser Gebiet hineinzog, wurde von den Strömen ausgefüllt, so dass die Bodensenkung und die Geschiebeablagerung im Gleichgewicht standen. Durch die starke Geröllakkumulation wurde die Entwicklung der Fauna verunmöglicht, wodurch die grosse Seltenheit der Fossilfunde erklärt wird.

Übrigens sind Süsswassereinlagerungen in den Luzernerschichten auch von anderen Lokalitäten bekannt. In erster Linie sind hier zu nennen die Kohlen und Süsswasserkalke von Sonnenberg bei Littau und von der Hofkirche bei Luzern.

Infolgedessen drückt sich KAUFMANN wie folgt aus (13, 123):

«Die Luzerner plattenförmige Molasse, in welcher marine und Süsswasserbildungen so vielfach wechseln, ist eine flache Strandbildung. In Gegenden, wo stärkere fluviale Zufuhren sich ausbreiten, wie im Entlebuch, im Berner Emmental, im Gebiete des Napfes, der Blume, der Hörnlikette und überall zunächst dem Fusse der Alpen, wachsen fortwährend reine Süsswasserbildungen heran.»

Später schreibt er (Beiträge, Lieferung 11), dass sich die Luzernerschichten bei Luzern, gestützt auf weitere Untersuchungen, als eine seichte Strandablagerung erwiesen haben (27, 213). Aus einem Steinbruche südlich vom Gletschergarten in Luzern gibt er folgende 9 Arten von Petrefakten bekannt:

<i>Diplodonta rotundata.</i>	<i>Tapes helveticus.</i>
<i>Cardium commune.</i>	<i>Tapes Ulmensis.</i>
<i>Cardium lapicidinum.</i>	<i>Lutraria Gallensis.</i>
<i>Artemis africana.</i>	<i>Trochus patulus.</i>
<i>Natica Sancatsensis.</i>	<i>Lamnazähne, vereinzelt.</i>

Neuerdings erwähnt MOLLET Einlagerungen von Süsswasserkalk in den Luzernersandsteinen des Entlebachs (141, 45).

g) Alter der Luzernerschichten.

Über das Alter dieser Schichten war man lange im unklaren. 1868 werden sie von CH. MAYER in seinem «Tableau synchronistique des terrains tertiaires supérieurs» als zweite Stufe des Helvétien aufgeführt, die durch ihren Pflanzenreichtum bekannten Schichten des Hohe Rhonen dagegen ins Langhien (Mayencien) gestellt. Mit andern Worten: Der N-Schenkel des Nordgewölbes ist jünger (Helvétien) als der S-Schenkel des Nordgewölbes (Langhien). Da nun aber KAUFMANN die Auffassung vertritt, dass N- und S-Schenkel als normales Hangendes der Roten Molasse auch das gleiche Alter besitzen, so kommt er durch stratigraphisch-paläontologische Folgerungen dazu, die Luzernerschichten ebenfalls dem Langhien zuzuordnen (27, 313). Luzernerschichten und Hohrhoneschichten müssten deshalb gleichaltrig sein, und die ersteren repräsentieren nach KAUFMANN die marine, die letzteren die limnische Fazies der mittleren Molasse (Burdigalien der heutigen Nomenklatur).

Heute ist das burdigale Alter der Luzernerschichten sichergestellt, während die Schichten des Hohe Rhonen von STEHLIN neuerdings ins Aquitan rangiert werden (122).

Die Luzernerschichten kann man als die Schichtgruppe mit *Tapes helvetica* und *Cardium commune* bezeichnen.

h) Lagerungsverhältnisse.

Was die Lagerung anbetrifft, so ist bei den Luzernerschichten, genau wie bei der Roten Molasse, ein Umschwenken des Streichens von der NE-SW-Richtung in die NS- und NW-SE-Richtung zu konstatieren. Diese konformen Verhältnisse sind sehr natürlich, da ja die ersteren zum N-Schenkel der nördlichen Antiklinale gehören und damit der Roten Molasse normal aufliegen und mit dieser harmonisch aufgewölbt wurden (Textfigur, S. 40).

Die Basisschicht des Burdigaliens fällt im Gebiet des Binzberges mit 45° nach N $300-310^{\circ}$ W. Die Schichten des Guggknubels nur mehr mit 26° N 315° W. Weitere Messungen ergaben: Sonnsitli-graben 26° N 310° W, Schlatt 35° N $290-300^{\circ}$ W, Schärliqbad (Nagelfluh und Sandstein- und Mergelschichten; die Sandsteine enthalten Kohleschmitzen und Blattabdrücke. Die Schichten sind an der Strasse und bei der Mündung des Kurzenbaches am rechten Hang angeschnitten); Fallen: zirka $26-30^{\circ}$ N 280° W, Schwendeligraben (Kurzenbach) 25° NW, Balmegggraben 30° N 285° W, Buchschachengraben $25-30^{\circ}$ W, oberste Gabelung des Buchschachengrabens 17° S 220° W, Rogiweid 20° S 250° W.

Nach SW hin unterteufen die Luzernerschichten infolge des Axialgefälles der Antiklinale die Nagelfluhwände des Gühnhorns und Wachthubels. Da diese Fluhreihen sich ganz sanft nach SW neigen, ist es möglich, dass die Luzernerschichten als deren Grundlage teilweise noch bis in die Gegend von Schangnau hinüberziehen, jedoch immer unter Schutt, Moräne und Vegetation verdeckt bleiben.

i) Morphologie.

Diese ist so charakteristisch, dass der Verlauf der Luzernerschichten zum grossen Teil schon aus der Geländeform zu schliessen ist. Die Nagelfluh-Sandsteinzonen zeigen ausgesprochene Isoklinal-landschaften von grösster Schönheit. Die Nagelfluhlager erzeugen herausmodellerte, schiefe Flächen, deren Schichtköpfe steil abfallen. Die zwischenliegenden Sandstein- und Mergelschichten bilden den sanften Übergang vom Schichtkopf des Nagelfluhdaches zur Fläche der liegenden Nagelfluhbank. Einige dieser Geländestufen sind schon vom Topographen eingezeichnet worden. Besonders ausgeprägt finden sich dieselben am Nordabfall des Guggknubels gegen die Ilfis bei der Station Wiggen, dann links und rechts des Schärliqtales bei Windbruch, Sonnsitli, Sätteli und bei Schlatt und Oberschlatt und endlich am Fusse des Gühnhorns bei Rogiweid, Schwändi und Studweidli.

B. Helvétien.

KAUFMANN gebrauchte für die limnische Fazies des Helvétien den Namen Rotseeschichten, während der von MAYER eingeführte Ausdruck St. Gallerschichten für das marine Helvétien angewendet wird. Wir haben somit die gleiche Faziestrennung wie im Burdigalien. Die limnischen Schichten bilden im Tal des Rotsees einen mergeligen Komplex von 600 m Mächtigkeit. Nach diesem Autor kommt den Rotseeschichten ganz besondere Bedeutung zu, indem die vorherrschend gelben Mergel in den nagelfluhreichen Gegenden, wo zuletzt alle Differenzen der Etagen zu verschwinden scheinen, die Anhaltspunkte geben, wo die Grenze ist zwischen Unter- und Obermiocän.

In der Ausscheidung seiner Rotseeschichten ist KAUFMANN etwas inkonsequent. Er erwähnt sie bei Rapperswyl im Kanton Zug, ohne sie aber in der Karte einzutragen. Sogar beim Rotsee, der Lokalität, welche der Zone den Namen gegeben hat, finden wir sie nicht eingezeichnet, sondern nur ihren marinen Vertreter, die St. Gallerschichten. Erst vom Entlebuch weg werden nach der Karte (Blatt XIII) die marinen Luzernerschichten von einer gleich mächtigen Zone der limnischen Rotseeschichten überlagert, die dann im Gebiet zwischen Ilfis und Emme ganz plötzlich eine übermässig grosse Entwicklung erlangen. Das Areal steigt auf das Neunfache. Schon daraus geht hervor, dass hier ein Irrtum vorliegt.

a) Gesteine.

Vorerst wollen wir die Gesteinsart kennenlernen, die zwischen Emme und Ilfis das Hangende der Luzernerschichten bildet. Es ist die Nagelfluh, die hier in enormer Ausbreitung entwickelt ist,

in ungegliederter Massigkeit mehrere hundert Meter mächtig wird und die höchsten Gipfel aufbaut. Es ist die seit alter Zeit bekannte Nagelfluhregion des Wachthubels und Rämigummen. Viele Bäche haben sich in den festen Fels eingeschnitten und fliessen nun in engen Klusen, deren kahle Wände häufig in schroffer Steilheit 70 bis 100 m hoch aus dem Bachbett emporsteigen. Nackte Felsbänder durchziehen die Höhen und geben der Landschaft ein romantisch-wildes Gepräge. In den höheren Lagen ist Weideland; der Anbau ist spärlich, da die Humusdecke meist sehr gering ist, oft nur wenige Dezimeter oder Zentimeter misst. Daher ist in längeren Trockenperioden das Gras ausgedörzt und rotgebrannt.

b) Das Nagelfluhgebiet zwischen Emme und Ilfis.

Gebiet der Ilfis.

Zwischen dem Meisenbach und Kurzenbach erhebt sich die Balmegg (1181,2 m). Am Osthang derselben ziehen sich die Luzernerschichten hin, hier durch Vegetation verborgen, aber im Schwendeli-graben (rechter Zufluss des Kurzenbaches) aufgeschlossen. Der Abhang gegen den Kurzenbach besteht ganz aus Nagelfluh; der Kurzenbach fliesst auf Fels und im Katzenlochgraben, der südwestlich Balmegg entspringt, ist ebenfalls Nagelfluh aufgeschlossen mit einigen unbedeutenden Sandsteineinlagen. Nördlich des Kurzenbaches steigt der Hang steil an, wird von blossen Felsbändern durchzogen und schwingt sich über Ober Sattel hinauf zur Geissaldenegg (1271 m). Diese wird von einer prächtigen Schichtfläche gebildet, welche bei Kalberweidli in einer Abrisswand die Nagelfluh entblösst zeigt. Die Hügelzone zieht sich in nördlicher Richtung zur Ilfis, nach Westen hin senkt sie sich in das Tälchen von Gummen. Die Runsen, welche dieses Gebiet nach dem Schärli zu entwässern (Hagengraben, Graben von Hinter-Grund), erschliessen im untersten Teil noch die Luzernerschichten, nach oben hin aber nur noch Nagelfluh. Auch an der Strasse, welche von Ilfisfluh ins Gummentälchen führt, ist keine andere Gesteinsart anstehend. Vom Gummentälchen bis zum Steinbach, der östlich Trubschachen in die Ilfis mündet, erhebt sich die Buchenehauegg (1163 m) und die Stärenegg (1000 m). An der rechten Seite der Ilfis senkt sich eine zirka 80 m mächtige Nagelfluhschicht mit 13° Nordwestfall bei Dürrenbach ins Tal; auf der linken Seite steigt sie nach SE wieder an und nimmt Anteil am Aufbau der Westseite des Gummentälchens, jedoch nicht mehr als kahles Felsband hervortretend, sondern in der grossen Nagelfluhmasse des Abhanges aufgelöst und mit Vegetation bedeckt. Bei Ober und Mittler Buchenehaus bilden wieder ausgeprägte Nagelfluhschichtflächen von grosser Erstreckung die Oberfläche. Im Steinbach ist ebenfalls nur Nagelfluh anstehend. Im unteren Teil des Baches sieht man ab und zu Sandsteinlinsen und -nester als lokale Einschlüsse. Sie haben nie eine grössere seitliche Ausdehnung, und die Dicke beträgt bloss 1—1,5 m. Es ist gewöhnlich ein neutralgrauer oder gelbgrauer lockerer Sandstein von grobem Korn, selten dünn-schichtig. Oft zeigt er wirre Schichtung, was auf eine zufällige Sandeinschwemmung innerhalb des grossen Nagelfluhdeltas hinweist, wie man solche Sandanreicherungen auch in den Geröllablagerungen der heutigen Flüsse viel sieht.

Im Oberlauf des Steinbaches und in den Seitentobeln desselben fehlen der Nagelfluh auch solche Sandsteinnester.

Vom Steinbach zieht sich die Nagelfluh nach Westen in den Krümpelgraben bei Trubschachen. Der oberste Teil derselben gehört aber hier schon in die obere Süsswassermolasse. Von Trubschachen bis nach Langnau und Emmenmatt bildet die Nagelfluh noch den Sockel der Hügelregion zwischen Ilfis und Emme.

Gebiet der Emme.

Damit hätten wir die Nagelfluh im Einzugsgebiet der Ilfis verfolgt und können nun dasselbe im Bereiche der Emme tun.

Am imposantesten wirkt die kolossale Nagelfluhentwicklung am Wachthubel. Dieser ist mit 1418,1 m der höchste Gipfel des Untersuchungsgebietes. Sein östlicher Ausläufer heisst Günhorn. Nach Osten bilden sie einen 150 m hohen Absturz. Diese Fluh zieht sich dann, immer niedriger werdend, in südwestlicher Richtung gegen Schangnau. Bei Rogiweid wird dieser Komplex, wie oben gesagt wurde, von den Luzernerschichten unterteuft. Wie weit sich diese nach SW fortsetzen, ist in Ermangelung

von Aufschlüssen nicht zu erkennen. Die Schichten des Wachthubels fallen mit 15° nach S 240° W gegen die Emme. Sie sind in Färzbach bei Schangnau aufgeschlossen. Wenn man von unten her den Bach hinanstiegt, so sieht man an der Stelle, wo man den Wald betritt, eine 2 m dicke Sandsteinschicht die Nagelfluh durchziehen; diese ist von gelber Farbe, auch rot und grün gefleckt. Auch im höheren Teil des Baches begegnet man einer 3 m mächtigen, gelben, stellenweise durch Kalk stark verfestigten Sandsteinschicht. Sonst ist alles Nagelfluh, von welcher im Oberlauf des Baches massenhafte Sturzblöcke von 1—20 m³ Ausmessung anzutreffen sind. Der westliche Nachbar des Färzbaches, das Bächlein, das von Unter Schopf nach Winkel hinabfließt, entblösst nirgends ein anderes Gestein als Nagelfluh. Bei Unter Schopf, wo er entspringt, stossen wir auf ein anderes Wasserchen. Dasselbe fließt in süd-südwestlicher Richtung von Innerberghüsi herunter, wendet dann bei Unter Schopf plötzlich in einem rechten Winkel nach NW, um nach langem Lauf dem Kohlgraben tributär zu werden. Auch hier sehen wir die Nagelfluh als alleinherrschende Gesteinsart. Im Gebiet von Schönenwald und Unter Burenschopf fallen die Nagelfluhmassen mit 10° nach W-SW.

Die Emme durchquert die harten Bänke in einer steilen und engen Schlucht und fließt aneinhert im Streichen der Schichten. Diese Schlucht heisst Rebloch und hat eine Länge von 3,5 km. Sie war schon STUDER bekannt und wurde von KAUFMANN beschrieben (40, 459):

«Unter dem Rebloch verstehen die Bewohner zunächst die Felslücke unterhalb Reben, in welche die Emme einströmt, im weiteren Sinne aber die ganze Schlucht, welche mit diesem Einschluß beginnt und, von der Emme durchflossen, fast 4000 m weit in nordwestlicher Richtung sich fortsetzt, so schmal und tief, dass der Fluss sich dem allgemeinen Landschaftsbilde gänzlich entzieht und von dem ganzen, grauenhaften Abgrunde nichts weiter als ein sehr unschuldig aussehender Waldstreifen sichtbar bleibt. Der Einschluß ist zirka 6 m breit, von schroffen, unregelmässig gestalteten Nagelfluhwänden gebildet, die nicht glatt gewaschen erscheinen.»

Weit bekannt ist auch die natürliche Brücke beim Rebloch, welche die Klus überspannt. Sie ermöglicht den Bewohnern, auf einem schmalen Pfad, von Steinmösli herkommend, den rechten Abhang bei Schafschwand zu erreichen. Die Brücke hat eine Länge von 5 m. Unter dieser treten die Uferwände noch näher zusammen, so dass man nur durch eine zirka 3 m breite Spalte in der Tiefe die Flussgeschiebe erblickt. Diesem konischen Zusammenlaufen nach unten verdankt die Brücke ihre Entstehung. Ein Nagelfluhblock, der sich von der steilen, linken Wand losgelöst hatte, wurde in der engen Spalte eingeklemmt. Mit dieser Einkeilung war die Überbrückung vollzogen. Später wurde der Block mit Schutt überlagert, welcher die Unebenheiten und Zwischenräume gegen die Uferwände ausfüllte, und ist dadurch zu der praktischen Verbindung der beiden Hänge geworden. Die Höhe der Plattform über dem Emmespiegel beträgt ungefähr 80 m. Flussabwärts erweitert sich die Schlucht etwas, und die Wände sind dann 6—10 m voneinander entfernt.

Zwischen der Emme und dem Sorbach, Schopf- und Kohlgraben liegen die Höhen von Innenberg, Pfaffenmoos und Hubel. Die vielen Aufschlüsse bezeugen, dass das ganze Gebiet aus Nagelfluh besteht.

Im Schopf- und Kohlgraben lernen wir die typischen Nagelfluhtäler kennen. Das Bachbett ist schmal, bildet häufig hohe Stufen, über die sich das Wasser schäumend herabstürzt. Links und rechts erheben sich 40—50 m hohe Wände, teils senkrecht in die Höhe, teils in beträchtlicher Neigung. Diese Flanken sind kahl und wild. Erst in der Höhe haben die Hänge einen dichten Tannenbestand, zwischen welchem ein schmaler Streifen des Himmels sichtbar ist. Das Tosen des Wassers, und das wegen der Enge der Schlucht nur spärlich zutretende Licht geben diesen Tälern einen düsteren Ausdruck.

Der Bärbach oder Gustilochgraben, wie er im oberen Teil genannt wird, ist ein Zufluss des Schopfgrabens. Die Nagelfluhregion zwischen ihnen trägt die Höfe Unter und Ober Niederberg, Mittlerberg und Rossboden. Der höchste Punkt ist der Steinstossknubel (1216 m). Ein Pfad führt von hier nach Äschbach und Oberegg und dann gegen Norden nach Grosshorbenswand und Grosshorben (1246 m). Die letztgenannten Alpen liegen auf einer Schichtplatte, die genau nach W fällt. Im Bärbach-Gustilochgraben trifft man einige Sandstein- und Mergel einschaltungen in der Nagelfluh. Die erste erscheint auf Höhe 880 und ist 3 m dick; eine zweite Schicht auf Höhe 920, maximal 20 m mächtig. In beiden Fällen handelt es sich um lokale Bildungen. Es ist ein Wechsel von Sandstein und Mergel. Letztere sind stark rot, werden aber nach oben hin vitriolgrün und violett. Die

Sandsteine sind gelb und oft rot gefleckt; daneben kommen quarzreiche Varietäten vor, die eine hellgraue Farbe besitzen. Die Bindung ist durchwegs locker. Bunte Farben herrschen vor.

Vom Sorbach und Bärbach nach Norden übersteigt man den Hügelzug von Gisenberg-Gustknubel, Stürlern, Hürlisegg und Möhren. Er beginnt im W an der Emme und erstreckt sich in westöstlicher Lage bis zur Wasserscheide zwischen Emme und Ilfis. Überall findet man Nagelfluh anstehend. Gegen Norden fällt das Gelände steil ab zum Hinteren Geissbach. In diesem gibt es einige Sandsteinschichten. Auf 800 m beginnt die erste, 5 m mächtig, feinkörnig und mergelig, grüngrau und grün-gelb gefleckt. In der Mitte wird sie von einer 40 cm dicken, festen Bank durchzogen. Über derselben sieht man auch rotviolette, bröckelige Mergel. Weitere Schichten sind bachaufwärts anzutreffen; wir wollen nur noch eine Schichtreihe besprechen, die auf Höhe 920 beginnt. Sie misst 10 m und ist eine Folge von Mergel und Sandstein. Das Profil von oben nach unten ist folgendes:

- | | |
|--|----------------------------|
| 1. Nagelfluh. | 5. Grüne Mergelsandsteine. |
| 2. Grüner und roter Mergel oder Sandstein. | 6. Rote Mergel. |
| 3. Schwarze Mergel, 10 cm. | 7. Gelber Mergelsandstein. |
| 4. Grüne Mergel. | 8. Nagelfluh. |

Das ist die ungefähre Reihenfolge; scharfe Grenzen gibt es keine, die Profilverhältnisse wechseln in vertikaler und seitlicher Richtung.

In den schwarzen Mergeln fand ich Pflanzenreste, Kohlenlamellen und Bruchstücke von Süsswasserschnecken. Dieser Mergelkomplex hält an bis zur obersten Gabelung des Baches. Dann folgt wieder Nagelfluh.

Vom Hinter und Vorder Geissbach begrenzt, erhebt sich das Gebiet von Steinboden. Es zieht ostwärts zur Höhe des Rämigummen, nach dem Wachthubel die grösste Erhebung zwischen Ilfis und Emme. Rämigummenhoger 1303,9 m, Vorder Rämigummen 1290 m, Hinter Rämigummen 1238 m. Im Vorder Geissbach ist an beiden Böschungen die Nagelfluh sichtbar. Im obersten Teil aber, wo sich der Bach in die beiden Äste Krimishildengraben und Tagweidligraben verzweigt, ist ein Mergellager aufgeschlossen. Es misst 5 m und besteht zur Hauptsache aus grünen Mergeln, doch kommen auch solche von gelber und violettroter Farbe vor. Sie sind bröckelig und ganz lehmig anzufühlen. Man kann diesen Komplex noch in Krimishildengraben verfolgen, wo er dann an Nagelfluh anstösst. Es handelt sich also um eine Einschaltung, die sich nach ziemlich kurzer Ausdehnung zwischen Nagelfluh auskeilt. Diese Mergel sind wahrscheinlich die Ursache der grossen Rutschung von Geissbachalp. Der Fuss der Geissbachfluh — das ist die Abrissstelle, von welcher aus die Rutschung erfolgt ist — ist mit herabgestürzten Blöcken und Schutt bedeckt, so dass von einer Mergelunterlage nichts zu sehen ist. Aber es ist doch wahrscheinlich, dass eine solche das Liegende der Nagelfluh bildet und, durch Wasser aufgeweicht, die Abrutschung auslöste. Von der Abrisswand stürzten Blöcke ab, die in der Grösse von einem bis mehreren Kubikmetern das Rutschaeral bedecken.

Vom Vorder Geissbach über Eggiwil und Äschau bis nach Schüpbach bildet die Nagelfluh nur noch den Sockel des Gebietes, wie es auch für den Anteil längs der Ilfis betont wurde. Von der Linie Eggiwil-Trubschachen nach NW bis zum Zusammenfluss von Ilfis und Emme, beginnt die Nagelfluh mit Sandstein und Mergeln zu wechsellagern, zwar immer so, dass die letzteren Gesteinsarten in der Mächtigkeit gegenüber der Nagelfluh weit zurücktreten. Aber es herrscht doch nicht mehr diese ununterbrochene Massigkeit, wie dies in den beschriebenen Bezirken der Fall ist.

Wasserscheide zwischen Emme und Ilfis.

Nachdem wir zu einer ungefähren Übersicht der Nagelfluhregion gelangt sind, und die hauptsächlichsten Terrainabschnitte, welche an dieser beteiligt sind, aufgezählt haben, wollen wir im Geiste noch eine schöne Gratwanderung vornehmen, die uns der Wasserscheide zwischen Emme und Ilfis entlang führt und uns einen Ausblick gewährt in die schluchtartigen Täler, welche das Gebiet nach SW und NE hin entwässern.

Wir beginnen beim Rämigummenhoger (1303,9 m) und marschieren nach Süden über Hinter Rämigummen zum Pfeifer (1316 m). Hier entspringen der Hinter Geissbach und der Bärbach, welche

beide der Emme zufließen, und der Kurzenbach, der durch den Schärli in die Ilfis mündet. Von hier führt uns der Weg nach Punkt 1284 und dann nach Grosshorben (1227 m). Hier überblickt man eine grosse, westlich geneigte Fläche, welche dann steiler zum Gustilochgraben abfällt. Diese Fläche ist eine Nagelfluhschichtplatte. Nach NE hin sieht man den Balmeggraben, dessen oberste Verästelungen bis zu Punkt 1246 (bei Grosshorben) hinaufreichen. In südlicher Richtung geht es dann über den Grat nach Oberegg (1282 m). Die E-Seite derselben senkt sich in jäher Böschung zum Buchschachengraben. Auf steiler Halde liegen die Häuser von Meisenegg, Thiergarten und Temperten. Von Oberegg noch 500 m Anstieg gegen SE, und wir sind auf dem Wachthubel (1418,1 m), von wo wir einen wunderbaren Rundblick über unser Gebiet und darüber hinaus von den Alpen bis zum Jura geniessen.

Auf dieser Route ist uns deutlich aufgefallen, dass die nordwestlichen Gehänge der Täler häufig schroffe, nackte Fluhbänder bilden, während das für die südwestlichen viel seltener zutrifft. Dies liegt in der Neigung der Schichten begründet. Da allgemein nordwestliches und westliches Einfallen herrscht, treten an den nordwestlichen Talseiten die Schichtköpfe fast senkrecht zur Oberfläche heraus, während sie in den südöstlichen viel schiefer zur Oberfläche austreichen.

c) Abgrenzung und Alter.

Die beschriebene Nagelfluhregion ist nun ungefähr das, was KAUFMANN in Blatt XIII als Rotseeschichten kartiert hat. Auf die Begrenzung dieser Zone wollen wir nun sogleich eintreten.

Er geht bei seinen Folgerungen von den Luzernerschichten aus, weil dies der einzige Horizont ist, der durch Fossilfunde von Luzern her bis an die Ilfis verfolgt werden kann. Hier bildet er nur noch eine schmale Sandsteinzone (Grossboden-Beinbrechen) und verliert sich links der Ilfis noch mehr in der überhandnehmenden Nagelfluh. Weil der Autor hier keine Petrefakten mehr finden konnte, bezeichnet er die Stufe als limnisch und zeichnet ihre obere Grenze über Schlatt, Kurzenbach, Balmegg, Buchschachen, Wald, während sie nach unten an die Rote Molasse grenzt.

Was nun unmittelbar darüber liegt, sind die Rotseeschichten (= St. Gallerschichten in limnischer Fazies). Die Abgrenzung dieser Zone wird aber zwischen Ilfis und Emme sehr schwierig, da sowohl das Liegende wie auch das Hangende derselben aus Nagelfluh besteht. Dagegen tritt im N von Escholz-matt ein gewaltiges Nagelfluhlager hervor, in welchem er, weil es das Hangende der Luzernerschichten bildet, den Vertreter der Rotseeschichten sieht. Dieses Lager setzt sich nun nach seinen Ausführungen bis zur Emme fort, wie schon in der historischen Einleitung beschrieben wurde (S. 4). Wir wollen uns den Verlauf nochmals vergegenwärtigen: Nach KAUFMANN kommt dasselbe vom Rücken des Schüpfer-berges her, senkt sich bei Dürrenbach an die Ilfis, bildet den Südostabhang von Buchenehaus und überschreitet in der Gegend des Pfeifer den Bergrücken. Von da senkt sich diese Nagelfluh, meist in Gestalt eines bewaldeten Bandes, über Blapbach und Hinteregg sanft gegen Nordwesten ein und erreicht bei Horben die Talsohle der Grosseemme, wo sein Einfallen nicht mehr über 20 beträgt (27, 321).

Was über dieser Nagelfluh folgt, sind die obermiocänen Napf- oder Oeningerschichten, eine Süsswasserbildung, die sich westlich der Emme in mariner Fazies als Bernerschichten fortsetzen.

Gegen diese Stufenabgrenzung lässt sich heute sowohl in stratigraphischem als auch in geographischem Sinne sehr vieles einwenden.

Über die geographische Begrenzung ist als erstes zu sagen, dass es nicht möglich ist, eine einzelne Nagelfluhschicht auf so lange Erstreckung hin zu verfolgen. Man kann einen solchen Schichtkopf eine Zeitlang beobachten, dann verliert er sich unter Vegetation. In einiger Entfernung tritt dann wieder eine Wand hervor, welche man als Fortsetzung der vorigen auffassen möchte. Ob es aber tatsächlich genaue die gleichen Schichten sind, lässt sich nicht entscheiden, weil die Herausmodellierung innerhalb des Nagelfluhganzen nicht auf einzelne, bestimmte Bänke beschränkt ist, sondern allen Schichten in gleichem Masse zukommt. Dieses Hervortreten hängt zur Hauptsache von der Geländeform ab (Steilheit der Böschungen usw.), und die Gesteinsbeschaffenheit ist hier nur in zweiter Linie ausschlaggebend, weil ja die Nagelfluh in ihrer ganzen Mächtigkeit als ziemlich gleichartiges, massiges Gestein auftritt.

Dies muss man sich vor Augen halten, wenn man Fluhbänder, die sich durch Vegetation oder sonstige Bedeckung auf kürzere oder längere Strecken hin der Beobachtung entziehen, zusammenhängen will. Was oft für das gleiche gehalten wird, kann im Querprofil schon um einen gewissen Betrag verschoben sein. In unserem Gebiet sind die Schichtkomplexe zum grossen Teil verdeckt, und die Stellen, wo sie nackt zutage treten, sind viel seltener, als man glaubt. Daher muss man besonders auf der Hut sein. Wenn auch die gegenseitige Abweichung benachbarter Felsköpfe nicht wesentlich zu sein scheint, so summieren sich diese Differenzen auf grosse Distanzen doch zu einem Betrag, der zu grossen Fehlern führen kann. Ein derartiges Zusammenhängen einzelner Schichtglieder kann zu einem ganz falschen Bild führen, wodurch auch KAUFMANN irregeleitet wurde.

Ein weiterer Beweis, dass das von KAUFMANN beschriebene Nagelfluhlager nicht eine einheitliche Schicht ist, ergibt sich auch aus den Lagerungsverhältnissen. Das Nagelfluhlager durchzieht die Ilfis bei Dürrenbach in der Höhe von 756 m. Im Tal der Emme würde das Lager diese Höhe in der Fluh bei der Horbenbrücke erreichen. Verbindet man diese Punkte miteinander, so ergibt sich eine Linie, welche nach N 80° E streicht. Dies wäre aber das Streichen des Nagelfluhlagers, und das Fallen würde senkrecht dazu, also N 10° W gerichtet sein. Dies bedeutet aber beinahe N-Fallen, wie es im ganzen Gebiet nirgends auftritt. Bei dieser Überlegung müsste man sich das Lager als starre Platte denken, bei der die Fallrichtung und damit auch die Fallbeträge konstante Werte wären. Aber auch wenn man annimmt, dass sich die Fallwinkel im seitlichen Verlaufe des Lagers ändern, so entstünden dadurch Verhältnisse, die sich in den Streich- und Fallmessungen äussern müssten. Bei Dürrenbach fällt das Lager mit 10° nach NW. Bei Horben dagegen nur mit 2°. Wenn es nun tatsächlich die gleiche Schicht wäre, so müsste sie die Gestalt einer gekrümmten Fläche besitzen. Die Streichrichtung müsste einen Bogen bilden, dessen konkave Seite nach NW gerichtet wäre. Die Fallrichtungen würden auf diesem Bogen überall senkrecht stehen, d. h. sie müssten sich von der Ilfis bis zur Emme fortwährend ändern, während das Gegenteil der Fall ist.

Mögen wir diese oder jene Annahme machen, nirgends finden wir die notwendigerweise daraus resultierenden Bedingungen in den Tatsachen bestätigt. Überall herrscht harmonisches NW-Fallen- und das Nagelfluhlager von Dürrenbach an der Ilfis kann erst bei Eggwil die Emme erreichen.

Noch klarer wird diese mehr willkürliche Stufenbegrenzung durch die heutige Stratigraphie widerlegt.

Die marinen Schichten des Belpberges, von Imi, Bütschelegg, Häutligen und Weinhalde (Berner-schichten der älteren Autoren) sind nicht jünger als die St. Galler-Rotseeschichten, wie KAUFMANN darzutun glaubte, sondern teilen mit diesen das gleiche Alter, wie durch die neueren Forschungen festgestellt wurde. In jüngster Zeit wurde von RUTSCH für diese Bildungen der Name Belpbergschichten in die Literatur eingeführt, um sie von den Ablagerungen der näheren Umgebung Berns, welche ein höheres Alter besitzen (Aquitane bis Burdigalien), zu trennen. Diese Belpbergschichten, zusammen mit den Rotsee- und St. Gallerschichten, repräsentieren den Typus des Helvétien s. s. (MAYER 1857), und dieses ist dem Vindobonien inf. (II. Mediterranstufe) zuzuweisen (RUTSCH 176).

Diese marine Molasse wurde, wie wir in der Einleitung gesehen haben, von FANKHAUSER und KISSLING auch an einigen Stellen des Emmentals nachgewiesen. FANKHAUSER fand Petrefakten am linken Emmeufer unterhalb der Muttenterrasse bei Schüpbach, ferner am Riedberg und bei Langnau im Ilfisgraben. KISSLING erwähnt sie aus dem Gohlgraben (nördlich der Ilfis bei Bärau), ferner aus dem Ilfis- oder Aspigraben. Hier erscheint sie auf Höhe 800 als Sandstein- und Mergelzone mit Fossilien:

Lamna cuspidata, AG.

Mastra triangula, REN.

Fischschuppen.

Tapes sp.

Unmittelbar darüber folgt die obere Süsswassermolasse mit Nagelfluh und blaugrauen Mergeln, in denen ein kohliges Band mit dünnen Streifen von Pechkohle sich hinzieht. Diese Mergel setzen sich im Hühnerbachgraben fort (KISSLING 69, 100).

Die obere Grenze des Helvétien s. s. (Rotseeschichten, Belpbergschichten) folgt also erst über den marinen Lokalitäten von Schüpbach (linker Emmehang), Riedberg, Ilfisgraben (Höhe 800) und Gohlgraben. Sie lässt sich durch das Kohleflözchen, das sich an der Basis der oberen Süsswassermolasse unmittelbar über dem Helvétien hinzieht, gut verfolgen. Da sie

im nächsten Abschnitt näher besprochen wird, soll ihr Verlauf hier nur ungefähr bezeichnet werden (vgl. Karte und Profile):

Die Grenze Helvétien-Tortonien streicht vom Ilfisgraben nach SE in den Hühnerbach, von da in den Ramserengraben und weiter in den Teufenbach. Dann zieht sie durch die obersten Gabelungen des Krümpelgrabens nach Blapbach, wo sie beim Hohwürzhoger und bei Käsernegg in die Luft hinausstreicht. Hier ist die südöstlichste Grenze der oberen Süsswassermolasse. Von Blapbach verläuft die Grenze durch den Oberlauf des Mättenbaches und Höllgrabens (östlich Eggwil) hinüber in den Finsterbach und Margunggraben (Dieboldswil), läuft um den Hügelzug von Neuenschwand in den Krattengraben (Äschau), durch dessen Zuflüsse über Häleschwand-Mättenberg zurück zur Ausgangsstelle im Ilfisgraben.

Mit dieser Abgrenzung fällt diejenige von KAUFMANN dahin, und Blatt XIII ist demgemäss zu korrigieren.

Aber nicht nur die obere, sondern auch die untere Grenze der Rotseeschichten bei KAUFMANN ist problematisch. Es ist durchaus nicht sicher, dass die gesamte Nagelfluh im Rücken des Schüpferberges schon zu den Rotseeschichten gehört, weil hier die Luzernersandsteine verdrängt sind und keine marinen Petrefakten mehr gefunden werden können. Ich möchte vielmehr feststellen, dass ein guter Teil dieser Nagelfluh noch ins Burdigalien gehört (Luzernerschichten).

d) Entstehung und Fazies.

Während der Burdigalzeit herrschten in unserem Gebiet anfänglich noch relativ ruhige Zustände, und es bildeten sich sandige und mergelige Absätze in diesem Meeressaum, welcher unser Gebiet bedeckte und der auch von spärlichen Tieren bevölkert war; nur ab und zu wurde die Aufschüttung stärker und verbreitete grosse Massen von Geröllen über den flachen Meerboden. In dieser Zeit wurde die Wechselagerung von Sandstein und Nagelfluh gebildet, wie wir sie als Hangendes der Roten Molasse beschrieben haben und wovon wir vornehmlich 5 Sandstein-Mergelzonen zwischen den Nagelfluhlagern unterscheiden können.

Später aber nahm die Akkumulation an Intensität zu, wohl infolge einer stärkeren Senkung des Vorlandes. Das Meer begann sich auszudehnen und verbreitete marine Ablagerungen. Im Gebiet des Emmentals und Entlebuch wurde aber durch die Gefällsvermehrung die Erosion so sehr gesteigert, dass ungeheure Geröllmassen zur Ablagerung gelangten und in vorstossenden Anschwemmungen das Meer verdrängten.

Die Luzernerschichten in fazielllem Sinn bilden im Gebiet zwischen Emme und Ilfis nur einen Teil des unteren Burdigaliens, das im übrigen in Nagelfluhfazies entwickelt ist.

Eine Grenze zwischen Burdigalien und Helvétien s. s. kann man nicht finden, es gelingt einfach nicht, diese beiden Etagen zu trennen. Sie bilden zusammen ein Ganzes, einen ungegliederten Nagelfluhkomplex. Die Gesamtmächtigkeit beider Stufen beträgt 1200 m. KAUFMANN nimmt für die Luzernerschichten sowohl wie für die Rotseeschichten eine Mächtigkeit von 600 bis 800 m an (40, 564). BAUMBERGER schätzt die ersteren auf 800, die letzteren auf 600 m (168, 168). Somit wird man kaum fehlgehen, wenn man annimmt, dass am Aufbau der Nagelfluh des oberen Emmentals Burdigalien und Helvétien annähernd mit gleichem Anteil partizipieren.

Westlich der Emme konnte RUTSCH die Belpbergschichten, wenn auch faziell stark verändert, durch Fossilfunde am Kurzenberg noch vorfinden. Die östliche Fortsetzung des Kurzenbergs streicht bei Eggwil in unser Gebiet. Daher müsste die fiktive Grenze zwischen Burdigalien und Helvétien südlich Eggwil gedacht werden.

Sandstein- und Mergelablagerungen.

Es wurde schon bemerkt, dass die Nagelfluh in ihren höheren Teilen gegen die obere Süsswassermolasse hin mit Sandstein und Mergel abzuwechseln beginnt. KAUFMANN hat diese Bildungen schon gekannt, aber ihre Mächtigkeit bedeutend überschätzt. Er schreibt im Anschluss an die Besprechung

der Emmeufer: «Charakteristisch für beide Thalseiten ist eine circa 100 m mächtige Einlagerung von bunter, vorherrschend gelber Mergelmolasse (Rothseeschichten)» (40, 464). Diese soll sich von Äschau über Dieboldswyl nach Wyssleren, Lättern und Grosstannen hinziehen. Von da nach Hinten und durch die linksseitige, schroffe Abdachung des Vordergeissbaches nach Käsern. Hernach senkt sie sich nach seiner Beschreibung ins Gummentälchen.

Eine solche Mergelzone existiert aber nicht. Mergel sind nur von Äschau bis Hinten anzutreffen, die Ufer des Geissbaches, die Käsernegg und die Abhänge des Gummentälchens sind dagegen mergelfrei. KAUFMANN hat hier zu viel schematisiert. Weil sich bei Äschau und Dieboldswyl die Mergel unter dem Nagelfluhdach befinden, welches er als Repräsentant der Rotseeschichten betrachtete, liess er die Mergel als Liegendes derselben so weit durchziehen.

Im Mättenbach, der bei Eggwil in die Emme mündet, sind ab und zu Mergel aufgeschlossen, aber nur von geringer Mächtigkeit. Erwähnenswert ist eine 2 m dicke Schicht auf Höhe 880. Im unteren Teil sind die Mergel hellgrau, in den oberen Lagen blaugrau. Diese enthalten Pflanzen und Süsswasserschnecken. Diese Mergel verursachten eine ansehnliche Rutschung, in welcher sich der Bach endet.

Der Höllgraben, der nördlich des Mättenbaches und diesem parallel zur Emme abfließt, zeigt ebenfalls Mergel-einlagerungen. Von 860 bis 920 m ist der Bach mit Schutt erfüllt. Links des Baches sehen wir auf dieser Höhe ein höckeriges Gelände, genannt «Auf der Lättern». Wie schon der Name andeutet, handelt es sich dabei um verrutschte Molasse, und im Bach finden wir denn auch Mergel aufgeschlossen. Sie sind in der Hauptsache blau, seltener rötlich und grünlich; auch blau und gelb gefleckte Varietäten kommen vor. Die Schicht ist nicht zusammenhängend zu beobachten, sondern wegen der Schuttbedeckung nur ab und zu sichtbar. Aus dieser könnte auf 50 m Mächtigkeit geschlossen werden. Auf jeden Fall ist eine starke Mergelzunahme vom Mättenbach bis hierher zu konstatieren. Im nächst nördlichen Graben, der bei Wyssleren abfließt, ist nur Nagelfluh anstehend. Von hier bis nach Schüpbach kann man sich noch öfters von der Mergel- und Sandsteinführung der Nagelfluh überzeugen. Alle diesbezüglichen Beobachtungen aufzuzählen, würde zu weit führen und wäre auch zwecklos. (Zu genauer Orientierung benütze man meine Feldkarten.)

Fossilien.

Profil im vordersten **Seitenästchen des Ramserengrabens**, östlich von Langnau, bei 775 m:

Nagelfluh.

4 m Mergel (graue und gelbgraue Sandsteine und grüne, gelbgefleckte Mergel mit Blattspuren und kohligen Flecken mit *Planorbis*).

3 m Nagelfluh.

1 m Mergel, wie oben.

Nagelfluh.

Profil im **nächst südlicheren Bächlein**, bei 775 m:

Nagelfluh.

1 m gelbgrauer Sandstein.

20 cm grüne Mergel.

30 cm blaue Mergel, in den obersten Lagen braun bis schwärzlich, mit *Helix*, *Planorbis*, Pflanzen- und Kohlenlamellen.

1 m gelbgrauer Sandstein.

Nagelfluh.

Das linke Ilfisufer südlich von Langnau.

Südlich von Langnau bildet das linke Ilfisufer einen steilen Nagelfluhabhang. Bei der Ilfbrücke und auch anderwärts beobachtet man über dem Wasserspiegel unregelmässig begrenzte Sandsteineinlagerungen von gelbgrauer Farbe, welche viele Blätter einschliessen. Die Fundstelle wurde von FANKHAUSER untersucht und ergab folgende Bestimmungen (25):

Cinnamomum Scheuchzeri, HR.

Quercus chlorophylla, UNG.

Salix tenera, UL. BR.

Gestützt auf diese Pflanzenfunde hielt FANKHAUSER die Nagelfluh des Ilfisbordes für untere Süsswassermolasse, als Unterlage der marinen Schichten von Gohl-Ilfisgraben, Riedberg.

Durch diesen Abhang fliesst, von Hintertannen herkommend, ein Bächlein in nördlicher Richtung der Ilfis zu und mündet gegenüber des Schlachthauses. Hier ist das Anstehende gut aufgeschlossen; es ist Nagelfluh. Auf Höhe 720—730 wird sie von einem 10 m mächtigen Sandsteinlager durchzogen. Das Gestein ist grau und oft etwas mergelig. Eine zweite Sandsteinschicht, nur 3 m dick, zieht sich auf Höhe 740 hin. Als dritte Unterbrechung der Nagelfluh findet sich auf Höhe 760 eine wenig mächtige Mergelschicht. In der zweiten Sandsteinschicht (Höhe 740) fand ich ein Stück verkohltes Holz. Dieses war zirka 50 cm lang und hatte einen elliptischen Querschnitt, dessen längere Achse 20 cm mass, die kürzere 10 cm. Leider war das Stück sehr spröde und zerfiel rasch, trotz Durchtränkung mit Spirituslack. Der Form nach zu schliessen, war es ein Stück eines Stämmchens oder Astes. Es war durch festen, grauen, ziemlich grobkörnigen Sandstein eingeschlossen.

Zusammenstellung aller Fundstellen von Land- oder Süsswasserprodukten innerhalb der Nagelfluh des Burdigalien und Helvétien s. s.

Pflanzen im Sandstein von Schärliqbad.

Kohlen im Bächlein, das in Wiggen bei der Wirtschaft «Rössli» mündet (N-Seite des Guggknubels).

Süsswasserkalk auf der W-Seite des Guggknubels (KAUFMANN 40, 432).

Pflanzenreste im Sandstein bei Bisegg (westlicher Abhang des Schärliq).

Süsswasserkalke im Buchschachengraben.

Kohlenlamellen, Pflanzengehäcksel und Süsswasserschnecken (Bruchstücke) im Hinteren Geissbach.

Pflanzen und Süsswasserschnecken im Mättenbach bei Eggiwil.

Süsswasserschnecken in dem vordersten Zuflüsschen des Ramserengrabens (zwischen Bärau und Trubschachen).

Schnecken in roten Mergeln des Mühlebaches bei Langnau auf Höhe 775.

Blätter in Sandstein am linken Ilfisabhang bei Langnau.

Stück eines Stammes oder Astes im Bächlein daselbst.

Demgegenüber war es mir nicht möglich, irgendwo marine Fossilien aufzufinden. Auch meine Bemühungen, in dem von FANKHAUSER und KISSLING zitierten Ilfisgraben etwas Marines zu entdecken, blieben ohne Erfolg.

Diese Fundstellen sind hinsichtlich ihrer stratigraphischen Lage zwischen dem unteren Burdigalien und dem oberen Helvétien s. s. verteilt.

Diese Resultate führen zur Auffassung, dass im Gebiet zwischen Emme und Ilfis die Sedimente des Burdigaliens und Helvétiens wahrscheinlich in limnischer Fazies entwickelt sind. Alle positiven Beweise für marines Milieu fehlen. Man müsste alle oben genannten Funde als eingeschwemmtes, allochthones Material deuten, eine Auffassung, die nicht ganz unmöglich ist, aber wenig Wahrscheinlichkeit für sich hat.

Die Süsswasserkalke beweisen direkt limnische Bildung, finden sich aber nur zuunterst.

Das Burdigalien- und später das Helvétienmeer wurde durch die Deltas der Alpenströme verdrängt. Durch die Geröllmassen kam es zur Abschnürung einzelner Meeresbusen, welche durch die Ströme allmählich ausgesüsst wurden, so dass sich eine Süsswasserfauna ansiedeln konnte. Vom Lande her wurden Pflanzen eingeschwemmt, und diese setzten sich mit den Schalen abgestorbener Schnecken zu Boden. Das Meer griff noch in einzelnen Buchten in die Geröllablagerungen hinein, und damit erklären sich die Funde der marinen Fauna. Diese bezeichnen die Ausläufer des Meeres, welches in Lagunen die gewaltigen Schuttfächer umspülte.

Zu dieser Überzeugung war auch KAUFMANN gekommen, indem er auf der Karte für alle Stufen, von der Roten Molasse bis hinauf zu den Napfschichten, Süßwasserfazies angibt (Rote Molasse, Hohrhone-schichten, Rotseeschichten, Napfschichten).

e) Vergleich mit anderen Lokalitäten limnischer Fazies.

Süßwasserablagerungen kennt man in dieser Stufe an einigen Orten. Wenn auch nicht die ganze Stufe den Stempel der Süßwasserbildung trägt wie in unserem Untersuchungsgebiet, so geben diese Süßwasserfunde doch Zeugnis davon, dass sich zeitweilig auch limnische Zustände Geltung zu verschaffen vermochten. Aus der Nachbarschaft des Untersuchungsgebietes wurden von MOLLET Kohlenflözchen beschrieben, die dem Helvétien des Entlebuch eingelagert sind (141, 45). Sodann beschreibt GUTZWILLER einige Vorkommnisse von St. Gallen (33, 84; 37, 35; 33, 42):

«In der Nähe von St. Georgen, östlich der Spinnerei, an der Wand eines zugehörigen Weiherchens, liegt zwischen marinen Schichten ein zirka 5 cm mächtiges, bituminöses, schwärzliches Felsband, über- und unterlagert von wenigen Zentimetern dicker Pechkohle. An der Sohle der untern Lage zeigen sich viele Planorben. Es ist diese Schicht unzweifelhaft eine Süßwasserbildung.»

«In der Nähe von Zweibrücken an der Sitter, südwestlich von St. Gallen, findet sich ein bis 6 cm dickes Kohlenband, unterlagert von dunkelgrauem, bituminösem bis hellweisslichem Stinkkalk, in welchem Tellerschneckenreste sehr häufig sind. Es ist dieser Kohlenstreifen wahrscheinlich derselbe, der an der Sturzenegg, in der Nähe der Mündung der Urnäsch, zutage tritt und auf welchen man früher gegraben hat, und entspricht wahrscheinlich auch dem Kohlenband, welches bei St. Georgen, an der Wand über dem Weiherchen oberhalb der Spinnerei, zwischen marinen Schichten liegt.»

Aus der Gegend von St. Gallen berichtet LUDWIG (77, 79):

«Im Nagelfluhbruch östlich der Gaiserbahn bei Riethäusle, findet man deutliche Helices in einer zirka 3 m mächtigen, aus bläulichem, brüchigem Kalkmergel bestehenden Zwischenlagerung innerhalb der Nagelfluh. Marine Spezies fehlen hier — es handelt sich um eine lokale Süßwasserbildung.»

SCHMIDT und MÜLLER beschrieben die Kohlenvorkommnisse aus dem Wirtatobel bei Bregenz, die ebenfalls ins Helvétien gehören. Es handelt sich hier in der Regel um 3 Kohlenflöze, die durch Mergel voneinander getrennt sind. Diese letzteren enthalten Süßwasser- und Landconchylien (Planorbis, Helix, Clausilia). Das Areal dieser Kohlen misst 1,7 km², und die Gesamtmächtigkeit aller Flöze beträgt zirka 50 cm. Aus diesen Daten lässt sich die Menge der Bregenzerkohlen berechnen, woraus ein Gewicht von 750,000 Tonnen resultiert. Die Kohlen werden bergmännisch abgebaut (106, 355—359).

f) Lagerungsverhältnisse.

Die Lagerung innerhalb der Nagelfluh weist ebenfalls ein Umbiegen der Streichrichtung auf. Vom Wachthubel als Zentralpunkt fallen die Schichten erst nach SW gegen das Rebloch zu, bei Grosshorben aber genau nach W und bei Steinboden-Rämisgummen-Geissaldenegg und Buchenehaus ist nur nordwestliches Einfallen zu beobachten. Dabei nehmen die Fallwinkel allmählich ab, und zwar um so mehr, je weiter die Schichten vom Kern der Antiklinale (Rote Molasse) entfernt sind.

Einige Messungen, fortschreitend von der Ilfis bis zur Emme, mögen hier als Anhaltspunkte dienen:

Fluh an der Ilfis bei Dürrenbach 6° NW, rechts der Ilfis ansteigend auf 13° NW, Gummentälchen bis Buchenehaus 12° NW, Mittler Buchenehaus (Schichtfläche) 12° N 315° W, Geissaldenegg (Schichtfläche) 15° N 310° W, Ober Steinboden (Schichtfläche) 10° N 290—305° W, Grosshorben 12° N 280—290° W, Oberegg 12° N 280° W, Wachthubel 17° S 220° W, Hubel-Burenschopf-Schönenwald 10° W-SW, Färzbach bei Schangnau 12° SW, Nagelfluhwand Günhorn-Oberfluhstall-Vorderfluh 15° S 240° W.

g) Fortsetzung der Nagelfluh im NE und SW.

Über die Anschlüsse nach NE und SW kann man sich kurz fassen. Rechts der Ilfis streicht die Nagelfluh in den Fuss des Napfs, links der Emme setzt sie sich fort in den Regionen des Kurzenbergs, Schattenbergs und Buchholterbergs. Die genauere Abgrenzung innerhalb dieser Gebiete ist noch zu untersuchen.

3. Tortonien (Napfschichten, Oeningerschichten).

Im Gebiet zwischen Emme und Ilfis bildet die obere Süsswassermolasse die Höhen von Blapbach und Hochwacht. Sie ist hier nicht eine ausgesprochene Nagelfluhbildung, obschon diese Gesteinsart die anderen Schichtglieder an Mächtigkeit meist übertrifft. Es handelt sich vielmehr um einen Komplex, der aus unzähligen Schichtrepetitionen von Nagelfluh, Sandstein und Mergel zusammengesetzt ist. Ganz untergeordnet nehmen neben diesen Gesteinen auch Kohlen und Süsswasserkalke am Aufbau dieser Stufe teil.

a) Historisches.

Für die obere Süsswassermolasse (Tortonien) gebrauchte KAUFMANN die Namen Napfschichten, Albisschichten und Oeningerschichten. Die Napfschichten sind hauptsächlich durch Nagelfluh repräsentiert, die letzteren dagegen bestehen aus einer Sandstein- und Mergelserie.

Dass die von KAUFMANN durchgeführte Abgrenzung des Tortonien gegen das Helvétien (Grenze Napfschichten-Rotseeschichten) unrichtig ist, wurde im vorigen Abschnitt genügend erhell.

KISSLING hat als erster die Überlagerung des Helvétien durch das Tortonien festgestellt (69). Wir wollen an seine Beobachtungen anknüpfen und die diesbezügliche Beschreibung zum Ausgangspunkt unserer Darlegungen wählen. Wir lesen (69, 100):

«Der Ilfis- oder Aspigraben öffnet sich Langnau gegenüber bei Ilfis. Von Quote 800 an finden wir eine Sandstein- und Mergelzone in zahlreichen Abrissen zu beiden Seiten des Bachbettes. Bemerkenswert ist eine Bank von hellgrauem, grobkörnigem Sandstein mit zahlreichen Mergelknauern. Sie enthält:

Lamna cuspidata, AG., sehr häufig.

Fischschuppen.

Darüber folgen dünnplattige, graue Sandsteine mit

Mastra triangula, REN., sehr häufig.

Tapes sp.

Die marine Molasse schliesst nach oben ab mit einer Nagelfluhbank. Ihr Hangendes wird gebildet aus blaugrauen Mergeln, in denen ein kohliges Band mit dünnen Streifen von Pechkohle sich hinzieht und die bereits der oberen Süsswassermolasse angehören. Sie streichen hinüber in den Hühnerbachgraben, wo sie ein Kohlenflözchen führen und Land- und Süsswasserconchylien nebst unbestimmbaren Pflanzenresten enthalten. Ich habe im Hühnerbachgraben gesammelt:

Patula cf. lunula, THOMAE.

Clausilia Escheri, MAYER.

Pupa Schübleri, KLEIN.

Helix inflexa, KLEIN.

Helix Leymeriana, NOULET.

Aucylus deperditus, DESM.

Lymnaea dilatata, NOUL.

Planorbis solidus, THOMAE.»

In der später erschienenen Arbeit über die schweizerischen Molassekohlen westlich der Reuss gibt KISSLING einige Profile durch den Kohlehorizont (Hühnerbach, Ramserengraben, Teufenbach, Krümpelgraben) (78, 52—59). Sie weichen manchmal nicht unwesentlich von denjenigen ab, die ich aufgenommen habe (Tafel II). Diese Verschiedenheit hat ihre Ursache darin, dass die Profile nicht genau an der gleichen Stelle aufgenommen wurden. Die Kohlenmächtigkeit kann stark schwanken; dasselbe gilt von den Süsswasserkalken, und dass der Habitus der Sandsteine und Mergel sehr variabel ist, wurde schon öfters betont. Aus diesen Gründen lassen sich die Differenzen ohne weiteres erklären.

b) Beschreibung der Gesteine.

Nagelfluh. Sie bildet mächtige Schichten, welche in den Tobeln steile Abstürze bilden und in der Oberflächengestaltung des Terrains durch steile Böschungen zum Ausdruck kommen. Von Zusammensetzung, Geröllgrösse, Verfestigung usw. wird im Abschnitt über die Nagelfluh die Rede sein.

Sandstein. Dieses Gestein findet sich in allen Variationen sowohl bezüglich der Verfestigung als auch der Farbe. Es gibt festere Typen von feinem bis mittlerem Korn, entweder geschichtet und dann gewöhnlich dünnbankig oder aber schichtungslos und in engeren Grenzen räumlich homogen. Daneben sind andere Abarten häufig, welche keine starke Verfestigung aufweisen, oft sogar ziemlich locker sind und dabei feines bis grobes Korn besitzen. Das Bindemittel ist Kalk, in seltenen Fällen Kieselsäure;

letztere Gesteine sind dann immer von weisslichgrauer Farbe und enthalten überwiegend viel Quarzkörner. Die Färbung schwankt von braunschwarz bis hellgrau. Die Hauptmasse ist grüngrau bis neutralgrau, seltener blaugrau und gelbgrau gefärbt. Dabei sind auch hier die allmählichen Übergänge von einer Farbe zur andern allgemeine Regel, wie wir sie schon bei den Sandsteinen des Aquitans kennengelernt haben. Ferner sind hier wie dort Sandsteine und Mergel durch alle Zwischenstufen miteinander verbunden. Im Gelände bilden sie die sanfteren Abhänge zwischen den Nagelfluhzonen, doch sind auch Ausnahmen möglich, wo feste Sandsteinzonen der Verwitterung trotzen und steile Böschungen verursachen. Näheres folgt im speziellen Abschnitt über Sandsteine und Mergel.

Mergel. Auch hier herrscht, wie bei den Sandsteinen, grösste Mannigfaltigkeit. Zum grössten Teil sind es weiche, bröckelige Mergel, manchmal sind sie sehr kalkarm, fühlen sich fettig an und gehen in Ton über. Häufig sind sie sandig und können dann ziemlich feste Bänke bilden. Die Farbe ist noch wechsellvoller als beim Sandstein. Schwarz und rot stellen die auffallendsten Töne dar, aber sind selten. Die grosse Masse ist grünlich und grünlichgrau. Dann folgen an Häufigkeit bläulichgraue, blaue, bräunliche und gelbe Mergel. Die dunklen Farben deuten stets auf Bitumengehalt, und man hat denn auch keine Schwierigkeit, in solchen Mergeln Reste von Pflanzen zu finden, oft in solcher Anreicherung, dass sie kohlige Lagen und richtige Kohlenlamellen bilden. Sie begleiten immer die Kohlenflöze. Rote, stark grüne und dunkelblaue Arten gibt es öfters, und sie lassen sich in nichts von denjenigen des Aquitans unterscheiden. Ihre Mächtigkeit ist indes immer gering. Wir konstatieren auch hier, wie wenig es berechtigt ist, aus der Färbung der Molassegesteine stratigraphische Schlüsse ziehen zu wollen.

Noch mehr als die Sandsteine bedingen die Mergel im allgemeinen flachere Böschungen der Gehänge und einen ruhigen Charakter der Landschaft.

Auf den Mineralbestand, Karbonatgehalt usw. wird ebenfalls im speziellen Abschnitt über Sandstein- und Mergeluntersuchungen eingegangen.

Kohlen finden sich in verschiedenen Niveaus, aber immer nur wenige Zentimeter mächtig. Es sind entweder dünne Flöze von mehr oder weniger konstanter Mächtigkeit. Das bedeutendste befindet sich an der Basis des Torton und kann mehrere Kilometer weit verfolgt werden. Andere haben keine grosse Ausdehnung und keilen sich bald zwischen kohligem, schwarzen Mergeln aus, um entweder gänzlich zu verschwinden, oder aber in einer gewissen Entfernung wieder aufzusetzen.

Diese Flöze, welche oft ein ansehnliches Areal einnehmen können und zudem ziemlich gleichbleibende Mächtigkeit beibehalten, sind autochthone Bildungen.

Daneben sind viel häufiger, aber von weit geringerer Bedeutung die Kohlenschmitzen und Kohlennester. Sie finden sich am häufigsten in Sandstein, weniger häufig in Mergel und selten in Nagelfluh. Ihre Gestalt ist unregelmässig, spindelförmig, konisch oder ellipsoidisch. Sie sind manchmal von ansehnlicher Dicke, aber immer von kurzer Erstreckung. Ich konnte keine Schmitzen antreffen, deren maximale Ausdehnung über 60 cm betrug. An der Allochthonie dieser Gebilde ist wohl nicht zu zweifeln; es handelt sich um pflanzliche Produkte, die in einen See oder Tümpel eingeschwemmt wurden.

Endlich ist noch eine andere Form der Kohlenvorkommnisse zu erwähnen. Diese bilden dünne Blättchen in Mergeln und sind von kleinem Umfang. Ihre Dicke kann von einigen Millimetern bis zu einem Bruchteil eines Millimeters herabsinken, und ihre Länge geht nicht über einige Zentimeter. Die Mergel, welche diese Lamellen beherbergen, sind schwarz oder dunkelblau gefärbt und sehr bituminös. Diese Kohlenlamellen sind durch lokale Anhäufung von Pflanzengehäckseln entstanden. Innerhalb 5 cm Mergel sind oft eine ganze Anzahl solcher Blättchen. Der Qualität nach handelt es sich um glänzendschwarze, spröde Pechkohle. Das Verkohlungsstadium entspricht demjenigen der Braunkohlen. Der Aschengehalt beträgt zirka 60 %, manchmal auch weniger. Der Kohlenstoff beläuft sich demnach auf 40 und mehr Prozent. Die Sprödigkeit wird dem meist hohen Gehalt an fein zerteiltem Schwefel-eisen zugeschrieben.

Süsswasserkalk. Es ist ein gelblicher, spröder Kalkstein, der beim Anschlagen leicht springt und in dünneren Schichten schon mit der Hand gebrochen werden kann. Er ist stets im Verein mit Kohle und liegt unter, über oder innerhalb der Flöze. Feine Kohlenlamellen durchziehen ihn, und diesen entlang spaltet er sehr leicht auf. Er ist nie mächtig, sondern bildet nur Schichtchen von 1—17 cm

Dicke. Hinsichtlich der Verbreitung steht er den Kohlen weit nach. Beim Auflösen in Salzsäure braust er lebhaft und schäumt stark auf. Dabei entwickelt sich ein skatolartiger Geruch. Der Kalkgehalt beträgt 94,25 %, und die restlichen 5,75 % bestehen aus Bitumina. Alle diese Süsswasserkalke sind erfüllt mit kleinen, unbestimmbaren Planorben.

c) Abgrenzung.

Heute stehen wir bei der Festlegung der Grenze zwischen Helvétien s. s. und Tortonien auf sicherem Boden. Es hat sich nämlich gezeigt, dass sich das von KISSLING beschriebene Pechkohleflöz an der Basis des Torton und die blauen Mergel, welche dieses begleiten, im ganzen Gebiet zwischen Emme und Ilfis hinziehen und sich noch weit darüber hinaus fortsetzen. Die Niveaux, in welchen das Flöz aufgeschlossen ist, ordnen sich so genau in die Lagerungsverhältnisse des ganzen Komplexes, und der Schichtverband in dem die Kohle auftritt, zeigt so unwesentliche Veränderungen, dass man über die Einheitlichkeit und den ausgedehnten Zusammenhang des Flözes nicht im Zweifel sein kann.

Wir wollen nun das Kohleflöz durch alle Gräben verfolgen. Dabei erreichen wir einen doppelten Zweck. Einerseits lernen wir die Kohlen und ihre Begleitschichten an den verschiedenen Orten unseres Gebietes kennen und andererseits gelingt es uns, die Grenze zwischen Tortonien und Helvétien zu bestimmen, denn diese liegt (wenn man auf KISSLINGs Angaben für den Ilfisgraben abstellt) etwa 10 m unter dem Kohleflöz.

Der Kohlehorizont an der Basis des Torton (Kohle von Blapbach.)

(Tafel II) ¹⁾.

Ilfistal.

Ilfisgraben bei Langnau, Höhe 810. — Blaue Mergel mit Kohlestreifchen und Süsswasserschnecken. Kein eigentliches Flöz.

Mühlebach, Höhe 810 (Profil I). — 20 cm blaue, fettige Mergel mit einem 1 cm dicken Kohleflözchen (1); die Mergel führen Schnecken und Pflanzen und gehen nach unten in grüne Mergel über. Das Hangende der Kohlen besteht aus Nagelfluh.

Hühnerbach, Zufluss westlich Emdacker, Höhe 815. — Blaugraue, fettige Mergel mit Pflanzen und Schnecken (*Helix*, *Limnaeus*). Kohlen sind in dem kleinen Aufschluss nicht zu sehen, wohl aber kohlige, braune Mergel. Über den Mergeln folgt grauer, fester, gebankter Sandstein, während die Unterlage aus grünen Mergeln besteht.

Hühnerbach, Zufluss westlich vom Schulhaus, Höhe 820. — Blauschwarze Mergel mit Bruchstücken von Pflanzen und Süsswasserschnecken.

Hühnerbach, Bühlgraben, Höhe 850 (Profil II). — Der linke Ast entspringt unterhalb Leimbach, der rechte zwischen Bühlkelle und Mittlerbühl. In beiden bilden die Kohlen 3 dünne Flözchen, getrennt durch schwarzbraune und grüngraue Mergel (4; 2). Im linken Ast folgt über den Kohlen ein 3 cm dickes Schichtchen von Süsswasserkalk, erfüllt von Planorben. Die Mergel im Liegenden der Kohlen sind grün.

Hühnerbach, Fuchslochgraben, Höhe 850 (Profil III). — Grüne (6) und bläulich-schwärzliche (4; 2) Mergel mit Kohlen und Schnecken.

¹⁾ Bemerkung zur Numerierung der Profile: Die römischen Ziffern bezeichnen das Profil, d. h. den Graben, in welchem es aufgenommen wurde. Die arabischen Zahlen in der Kolonne, die mit Nr. überschrieben ist, sind die Nummern der einzelnen Profilschichten und dienen nur zur Bezeichnung dieser Schichten innerhalb jedes einzelnen Profils. Es kommt ihnen gar keine stratigraphische Bedeutung zu in der Art, dass die in verschiedenen Profilen mit der gleichen Nummer versehenen Schichten nun einander auch wirklich entsprechen würden. Die Numerierung verfolgt nur den Zweck, die Schichten für das einzelne Profil genau zu bezeichnen, damit man weiss, von welcher Schicht in der Beschreibung die Rede ist.

Hühnerbach; Schleifsteingraben, hinterster Abschnitt des Hühnerbachs selbst, Höhe 850 (Profil IV). — Schwarze Mergel (2) mit 2 Kohlebändchen, Schnecken und Pflanzen.

Lingummengraben, westlicher Ast des Ramserengrabens, Höhe 860 (Profil V). — Kohlen in Begleitung von Süsswasserkalk (2) mit Planorben.

Hüpfenbodengraben, östlicher Ast des Ramserengrabens, Höhe 860 (Profil VI und VII). — Zwei bis vier Kohlebändchen, getrennt durch blaue, lehmige Mergel mit Pflanzen, Schnecken und Süsswasserkalk. Die Mächtigkeit des letzteren wechselt sehr rasch. Auf einer Distanz von nur 3 m wächst er von 2 cm auf 17 cm an. 5 m über dem Flöz sieht man abermals ein dünnes Kohlebändchen in grün-grauen, sandigen Mergeln eingelagert (2 in Profil VI; 1 in Profil VII).

Nussergraben, so benannt nach dem Gehöft Nusser, bei welchem er entspringt, gehört ebenfalls noch zum **Ramserengraben**, Höhe 860 (Profil VIII). — 2 cm Kohle als Basis einer 15 cm dicken Süsswasserkalkschicht (1) mit Planorben.

Teufenbach, Höhe 875 (Profil IX). — Zwei Kohleflözchen (3; 5) getrennt durch 10 cm Mergel (4); Süsswasserkalk ist keiner mehr vorhanden.

Krümpelgraben. — Im Einzugsgebiet verteilt sich der Bach in mehrere Äste, von denen 4 die Kohlenschicht aufschliessen:

Hegigraben, entspringt südöstlich unterhalb Hegenalp (Profil X); Müsergraben östlich unterhalb des Girschgrates (Profil XI).

Dann ziehen sich zwei Gräben in parallelem Verlauf zur Rutschung nordwestlich von Vorder Blapbach hinauf (Profil XII), und schliesslich läuft noch ein Graben in nordsüdlicher Richtung westlich von Unter Blapbach vorbei (an der westlichen Grenze der grossen Rutschung von Unter Blapbach), zieht sich dann hinauf zur Brünfluh und endet bei Punkt 1117 im W von Hinter Blapbach (Profil XIII). Bei X und XI liegen die Kohlen auf Höhe 930, bei XII auf 955 und bei XIII auf 975. In allen diesen Gräben sind 2 bis 3 Flözchen sichtbar, getrennt durch Mergelzwischenlagen von dunkler Farbe. Immer enthalten diese Fossilien, sowohl Pflanzen- als auch Tierreste. Süsswasserkalk fand ich nur im Müsergraben. Die Einzelheiten sind aus den Profilen ersichtlich.

Nur beim Graben westlich von Unter Blapbach (Profil XIII) müssen wir uns noch kurz aufhalten. Hier befand sich nämlich bei 1000 m der Kohlestollen, der in der Literatur ab und zu erwähnt wird. Heute ist er eingestürzt und mit Schutt und Vegetation bedeckt. Aber im Tobel, das östlich unterhalb Vorder Blapbach sich öffnet, trifft man auf schwärzlichgraue bis grünlichgraue, bröckelige Mergel, die ein 2—3 cm dickes Kohlebändchen einschliessen. Dies ist vielleicht ein Ausläufer eines dünnen Flözchens, das im Stollen abgebaut wurde. Darüber folgen 2 m hellgrüne, rotviolette und gelb gestreifte Mergel und hernach Nagelfluh. Höhe 1000. Auf 975 m stösst man im Graben abermals auf die Kohlen (Profil XIII). Hier ist es ein 4—5 cm dickes Flöz, eingelagert in dunkelgrünen bis grauen Mergel. Zwischen beiden Fundstellen ist das Bachbett mit Schutt erfüllt.

KAUFMANN gibt folgende Schilderung des Kohlenstollens (40, 442):

«Die Kohlengrube von Blapbach liegt zirka 300 m westwärts von der Hütte Unter Blapbach (1004 m), unter einem Waldstreifen, der ein Nagelfluhband bekleidet. Es ist ein kleiner Stollenbau mit Einfahrt von Osten nach Westen. Im Jahre 1870 war der Stollen zirka 100 m lang und so hoch, dass man fast aufrecht gehen konnte. Die Sohle ist Nagelfluh; dann folgt: a. Pechkohle, 8 cm; b. grauschwarzer Mergel, 6—19 cm, mit Schalen von *Helix*, *Limnaeus*, Planorbis nebst verkohltem Palmenholz; c. Pechkohle, 20—25 cm; d. grauer Mergel; e. Nagelfluh. Die Kohle ist sehr kompakt, gleicht zunächst derjenigen von Käpfnach. Das Mergelbändchen b keilt sich nach der nördlichen Seite aus, so dass die Kohlenflöze zusammenfliessen. Ein zweiter, verlassener Stollen befindet sich mehr südwärts in etwas höherer Lage. Der frühere Unternehmer soll beim Abbau dieser Kohle ein bedeutendes Vermögen eingebüsst haben. Es hatten 1870 andere Leute die Sache an Hand genommen, die sich mehr Erfolg versprachen, in der landläufigen Meinung, dass die Kohle bergwärts mächtiger werden müsse.»

Der erwartete Erfolg stellte sich jedoch nicht ein. Der Abbau der Kohle und die Abfuhr derselben durch den engen Krümpelgraben waren zu kostspielig. Nach der Eröffnung der Bern-Luzern-Bahn wurde das Unternehmen als hoffnungslos aufgegeben.

Über die Kohlen selbst gibt R. VON FELLEBERG in den Mitteilungen der Naturforschenden Gesellschaft Bern aus dem Jahre 1862 einen eingehenden Bericht (178, 243):

«Der Lignit der neu eröffneten Grube ist schön schwarz, glänzend, nicht abfärbend, von teilweise muscheligen Bruch, zum Teil in parallelepipedische Stücke zerbrechend. Aschenmenge gering. Spez. Gewicht 1,364. Bei Kochhitze einem trockenen Luftstrom ausgesetzt, wird die Oberfläche rissig, und die Kohle verliert über 10,5 % Gewicht, nämlich Wasser und etwas Öliges, das auf Glas einen weissen Anflug zurücklässt. Das zerstampfte, schwarzbraun aussehende Pulver färbt stark ab.

Wirkung im Feuer: Erst scheint die Kohle keine Wirkung des Feuers zu erfahren; dann zerbröckelt sie und, indem sie erglüht, brennt sie mit einer langen, gelben, etwas rauchenden, wenig leuchtenden Flamme und lässt eine leichtflockige, ziegelrote Asche zurück.

Unter Luftabschluss erglüht, entwickelt sie brennbare Gase und Dämpfe, welche mit einer bläulichgelben, wenig leuchtenden Flamme verbrennen. Der zurückbleibende Coak ist scharfkantig, glänzend, vielfach mit Regenbogenfarben schillernd, auch nicht im geringsten zusammengebacken, gefrittet oder aufgebläht, sondern eher an Totalvolumen vermindert. Er lässt sich leicht pulverisieren und gibt ein rein schwarzes Pulver ohne Metallglanz. Eine Probe ergab 50,15 % Coak. Aschengehalt 6,5 %.

Die Asche besteht aus Eisenoxyd und Gips, nebst kleinen Mengen von Sand.

Heizvermögen $\frac{2}{3}$ derjenigen guter Steinkohlen.

Trockene Destillation ergab:	Wasser	10,47 %
	Saures Wasser, Öle	21,61 %
	Coak { Kohle	46,25 %
	{ Asche	6,55 %
	Gase und Dämpfe	15,17 %
		<hr/> 100 %

Auffallend ist, dass die Kohle gar keinen Theer liefert, sondern nur helle, ölige Produkte und saures Wasser, nebst brennbaren Gasen.

Was die Braunkohle von Blapbach empfiehlt, ist deren geringer und unschädlicher Aschengehalt. Da sie keinen backenden Coak gibt, würde sie sich wenig zu Schmiedekohlen eignen, dagegen zu Ofen- und Kesselfeuerung, wobei sie so viel Hitze entwickeln würde als gute Torfkohle. Es wäre daher zu wünschen, dass die Braunkohlen zu einem Preise beschafft werden, der $\frac{2}{3}$ desjenigen der Steinkohle nicht überstiege.»

Emmental.

Auf der der Emme zugekehrten Seite des Gebietes fand ich die Kohlenschicht nur noch an zwei Stellen, im Höllgraben bei Eggwil (Profil XIV) und im Finsterbach.

Höllgraben, Höhe 1015 (Profil XIV). — 6 cm dickes Kohleflöz, teilweise von 1—2 cm Süsswasserkalk begleitet, zwischen grünlichgrauen Mergeln. 5 m darüber (1020 m) sind die grünlichen Mergel von blaugrau gefärbten durchzogen. In beiden finden sich Schnecken (*Helix*).

In ihrem weiteren Verlauf gegen NW keilt sich die Kohle allmählich aus; jedoch ist der Horizont noch weithin erkennbar an den charakteristischen, blauschwarzen und grauschwarzen Mergeln, die sich immer in Begleitung der Kohlen fanden und nunmehr den Flözhorizont vertreten.

Finsterbach, Höhe 940. — In den obersten Gabelungen, die bei Hinteregg resp. unterhalb Girschgrat entspringen, sind die blauschwarzen, oft sandigen Mergel einem 13 m mächtigen Komplex von neutralgrauen, grünlichgrauen und grünen Mergeln eingelagert. Im Ast südlich von Girschgrat tritt die Kohle noch als 2 cm dickes Schichtchen auf. Die dunklen Mergel enthalten Pflanzen und Schnecken.

Margunggraben, im SW des Girschgratlochs, Höhe 890. — Hier konnte ich die Kohlenmergel an 3 Stellen fossilführend antreffen. Ich notierte auf Höhe 890 folgendes Profil (von oben nach unten):

- Nagelfluh.
- 80 cm gelbe und rote Mergel.
- 25 cm grünlichgraue Mergel.
- 50 cm dunkle, blaugraue Mergel.
- 3 m grüngraue Mergel und Sandsteine mit festen Mergelbänken.
- 50 cm grüngraue Mergel.
- 20 cm blaue Mergel mit Schnecken.
- 7 cm dunkelgraue Mergel mit Schnecken.
- 27 cm dunkelgraue Mergel mit einem wenige Millimeter messenden Kohleschmitzchen.
- 2—3 cm schwarze Sandsteine mit Schnecken, stark glimmerig.
- Grüne Sandsteine und Mergel.

Krattengraben, Höhe 850. — 10 cm blaue, pflanzen- und schneckenführende Mergel zwischen grauem Sandstein (unten) und grünen und gelbrötlichen Mergeln (oben).

Weiter nördlich konnte ich an dieser Talseite in Ermangelung von Aufschlüssen den Kohlehorizont nicht mehr weiter verfolgen. Doch gelang es mir, westlich der Emme denselben wieder aufzufinden, wenn auch nur an einer einzigen Stelle, in dem kleinen Bächlein bei Hinter Erlenbach, südwestlich Äschau.

Auf Höhe 800 beobachtete ich bräunliche bis schwärzliche, fettige Mergel mit Pflanzenresten und Süßwasserschnecken. Sie werden von Nagelfluh überlagert. Der Aufschluss ist schlecht und wird bald verschwinden.

Fossilien und Alter des Kohlehorizontes.

Die Süßwasserschnecken, die ich an verschiedenen Stellen in den Kohlenmergeln sammelte, wurden von Herrn Dr. BAUMBERGER in freundlicher Weise bestimmt als:

Hyalina subnitens, KLEIN.

Ericia consobrina, SANDBG.

Cepaea silvana, KLEIN.

Gonyodiscus euglyphoides, SANDBG.

Planorbis declivis, A. BRAUN.

Dazu bemerkt BAUMBERGER: «Die Collection ist charakteristisch für Torton = oberes Vindobon, und zwar speziell für den Horizont der Sylvanaschichten. Die Grenze gegen das Helvétien ist nicht viel darunter zu finden. Bei der Krätzenbrücke bei St. Gallen liegen marines Helvétien mit schönen Petrefakten und limnisch-fluviatiles Torton mit den hier bestimmten Fossilien direkt im Kontakt.» (Briefliche Mitteilung.)

Durch die Paläontologie wird also unsere Voraussetzung, der Kohlehorizont gehöre an die Basis des Torton, bestätigt! Doch bildet er hier nicht den Übergang vom limnischen Tortonien zum marinen Helvétien, sondern (weil das Helvétien in unserem Gebiet in Süßwasserfazies auftritt) vom limnischen Tortonien zum limnischen Helvétien s. s.

d) Kohlenvorkommnisse und Fossilfunde in höheren Schichten.

Es bleibt mir nunmehr noch übrig, die Lokalitäten aufzuzählen, wo in stratigraphisch höheren Lagen des Torton Kohlen oder Süßwasserfossilien gefunden wurden. Von SE nach NW fortschreitend sind zu erwähnen:

SW-Seite des Girschgrates, 1090 m, am Waldrand, kohlenführende Sandsteine, von oben nach unten:

Wald und Vegetation.

7 m Nagelfluh.

90 cm braune und graue Sandmutte, grobkörnig, mit viel Glimmer, kohligen Mergeln und einem 1—2 cm dicken Kohlebändchen.

10 cm bläuliche Mergel.

18 cm Kohle.

9 cm bläuliche Mergel.

8 cm Kohle.

Grünlichgraue Mergel und graue Sandsteine.

Schutt und Vegetation.

Der Aufschluss in Form eines Sandsteinabrisses findet sich am Weg, der nach Sauermettlen führt. Im Streichen lässt sich die Kohle wegen der Schuttbedeckung und Vegetation nicht verfolgen. Aber es unterliegt keinem Zweifel, dass wir es hier mit einem Kohlennest zu tun haben, das sich seitwärts bald auskeilt.

Scheideggwald. Nördlich Punkt 1061 gegen Fuchsloch, Profil bei 1000 m, von oben nach unten:

Wald.

45 cm Nagelfluh.

Wenige cm grauer Sand, locker.

5 cm Kohle.

17 cm bläuliche Mergel, durchzogen von 2 cm dicken, braunen bis braunschwarzen, sandigen Mergeln, glimmerhaltig, die dünne Kohlenlamellen einschliessen.

20 cm braunschwarze bis schwarze, glimmerreiche Kohlenmergel, zäh; selten richtige Kohlenlamellen enthaltend.

Graue und grünliche Mergel, die nach unten in gelbgrauen Sandstein übergehen, der von 70 cm mächtigen Nagelfluhschichten und 10—20 cm dicken, stark verfestigten Sandsteinbänken durchzogen wird.

Die blauen und braunschwarzen Mergel enthalten Schnecken (*Helix*, *Planorbis*) und Pflanzen.

Die Kohle liegt auf 1000 m Höhe und gehört einem Flöz an, das sich von hier gegen NW in den Bühlgraben hinüberzieht.

Nordwestlich Oberbühl sind zwei kahle Abrisse, in denen auf Höhe 990 die Kohlen durchziehen. Das Profil ergibt von oben nach unten:

Nagelfluh.

15 cm grüne Mergel.

4 cm Kohle.

16 cm blaugraue Mergel mit Schnecken.

63 cm grüne Mergel mit Pflanzenspuren.

9.60 cm gelber, mergeliger Sand, zum Teil auch grau; er schliesst kleine Mergelkonkretionen ein und wird nach unten sandiger.

2 m seitlich von diesem Profil haben sich die Verhältnisse schon geändert:

Nagelfluh.

Grüne Mergel.

1—2 cm Kohle.

8—9 cm blaugraue Mergel mit Schnecken.

3 cm Kohle.

16 cm blaugraue Mergel, fossilführend.

63 cm grüne Mergel mit Pflanzen.

Von diesen Abrissen zieht sich der Horizont weiter, ist aber nirgends mehr aufgeschlossen.

Auf der Hochwacht konnte ich im Jahre 1924 bei 1018 m in einem Schacht, in welchem nach Wasser gegraben wurde, dunkle Mergel beobachten, welche Reste von Pflanzen und *Helix*schalen enthielten. Heute ist der Schacht zugedeckt.

Die Kohlen- und Fossilvorkommnisse von Fuchsloch, Oberbühl und Hochwacht gehören dem gleichen Horizonte an.

Dorfwald, 940 m, zu oberst im östlichen Ast des Mühlebachs, der nördlich unterhalb Strick entspringt. Ungefähr 50 m vom linken Ufer des Grabens entfernt, begegnet man auf Höhe 940 einem kleinen Abriss. Dieser entblösst eine 1 m mächtige, feste Sandsteinbank, grobkörnig und von grauer Farbe. Sie enthält auch Gerölle. In diesem Sandstein konnte ich Schneckenrümmer finden, doch auch einige ganze Exemplare von *Helix* sp. Unter dem Sandstein folgen 50 cm grüngraue Mergel, übergehend in Nagelfluh mit roten Mergeln und hellen, bläulichgrauen Sandsteinschmitzen.

Schliesslich seien noch die kleinen, unregelmässig geformten Kohlennester erwähnt, die sich ab und zu in Mergeln und Sandsteinen finden und auch in der Nagelfluh nicht ganz fehlen.

e) Lagerungsverhältnisse.

Wir sehen aus den verschiedenen Niveaus, in welchen wir das Kohleflöz antreffen, dass sich dasselbe erst ziemlich rasch, dann immer langsamer nach NW einsenkt, wenn wir von SE nach NW fortschreiten. Bei Langnau liegt es horizontal.

Diese Fallrichtung gilt für das gesamte Torton. Nie sehen wir eine andere Einfallsrichtung als die nach NW. Die Fallwinkel nehmen nach NW ab. So misst man bei Hinter Blapbach ein Fallen von 8° nach N 315° W, bei Hindten ebenfalls 8°, bei der Nagelfluhwand von Badschwand 6°. Bei Horben fallen die Schichten noch mit 4°, bei Äschau und Bubenei mit 5° nach NW. Gegen Schüpbach hin wird die Lagerung horizontal.

Aus den Fallbeträgen und -richtungen liess sich der Kohlehorizont zwischen den Punkten, wo er zutage tritt, durch Interpolation konstruieren. Die Grenze zwischen Torton und Helvétien liess sich also ziemlich eindeutig festlegen.

f) Fortsetzung des Kohlehorizontes von Blapbach nördlich der Ilfis und westlich der Emme.

Nach KISSLING trifft man die kohlenführenden Süsswasserschichten im W zum erstenmal an beim Schwendlenbad, als Einschaltung in mariner Molasse. Es ist hier eine 1,40 m dicke Schicht grüner, fettiger Mergel mit *Glandina inflata*; *Helix osculum*, THOMAE; *Helix inflexa*, KLEIN; *Helix Leymeriana*, NOULET; *Clausilia grandis*, KLEIN; *Cyclostoma consobrinum*, MAYER; *Lymnaea dilatata*, NOULET; *Planorbis Mantelli*, DUNK.; *Melanopsis*, sp. Das Hangende wie das Liegende dieser Süsswasserbildung wird von marinen Gesteinen des Helvétien gebildet, welche viele Meerespetrefakten enthalten (*Arca Fichteli*, LAM.; *Diplodonta rotundata*, MONT.; *Fragilia fragilis*, L.; *Calyptraea chinensis*, L., -*deformis*, L.; *Turritella turris*, *Pleurotoma helvetica*, MAYER; *Turritella triplicata*, BRON.; *Corbula gibba*, OLIVI; *Modiola Studeri*, MAYER).

Nach E hin entwickeln sich die Süsswassermergel mehr und mehr, wobei dann auch Sandsteinbänke und an verschiedenen Punkten Kohleflözchen in Begleit von Süsswasserkalk sich zugesellen. So treffen wir sie zunächst im obersten Teil des Bärbachgrabens, dann im Wildeneygraben und im Bowilgraben (KISSLING 78, 61/62). Von dort ziehen sie wahrscheinlich über die N-Abdachung von Kapf in unser Gebiet.

Aus dieser Einkeilung der Süsswassermolasse in die marinen Schichten von Schwendlenbad lässt sich vermuten, dass die obersten Lagen des Helvétien nach E hin allmählich in limnische Fazies übergehen, was in unserem Gebiet wirklich zutrifft.

In umgekehrtem Sinn hat KAUFMANN das gleiche ausgesprochen (40, 563):

«Die obere Süsswassermolasse, auf Blatt XIII repräsentiert durch die an Nagelfluh sehr reichen „Napfschichten“, umfassen das Gebiet der Fontane, der Trub, der Gohl und der beiden Frittenbäche, teilweise auch die Gebirgspartie der Hochwacht zwischen Langnau und Eggiwil, ein Schichtenkomplex, der am Napf zu einer Mächtigkeit von mehr als 1000 m anschwillt. Zur Linken der Emme, um Signau und Lauperswil, nimmt die Nagelfluh bedeutend ab, der Sandstein zu, und es stellen sich die ersten marinen Petrefakten ein, so namentlich in dem Niveau von 800—900 m, während an der Wannenfluh bei Ramsei in einem bedeutend tieferen Niveau (610 m) Süsswasserpertrefakten getroffen worden sind (*Helix*, *Limnaeus*). Die Lagerung ist zu beiden Seiten des Tales horizontal.»

Nach N streicht das Torton ins eigentliche Napfgebiet. Der Kohlehorizont von Blapbach und damit die Grenze Helvétien-Tortonien ist aufgeschlossen im Gohlgraben nordöstlich Langnau, im oberen und unteren Frittenbach, beides Zuflüsse der Ilfis, dann im Hornbach- und Kurzeneygraben (Nebenbäche der Grüne) und im Fontannental. Die Süsswassermolasse umfasst also nördlich der Ilfis das Gebiet von Napf, Menzberg, Sumiswald, Affoltern, Eriswil, Luthern, Hergiswil, Romoos usw.

4. Zusammenfassung der Ergebnisse der stratigraphischen Untersuchungen im Gebiet zwischen Emme und Ilfis.

1. In allen Stufen, vom Aquitanien bis zum Tortonien, sind Anzeichen limnisch-lakustrer Fazies vorhanden.

2. Vom Meer wurde das Gebiet stellenweise tangiert sowohl zur Zeit des Burdigaliens als auch des Helvétien (Wiggen, Ilfisgraben bei Langnau).

3. Die Molassesedimente (Nagelfluh, Sandstein, Mergel), welche als Anschwemmungen grosser Ströme anzusehen sind, verdrängten das Meer fortwährend. Die gewaltige Anhäufung des Geschiebes führte zur Abschnürung einzelner Teile des zurückweichenden Meeres, welche nach der Aussüssung durch das Flusswasser zu grossen, flachen Seen wurden, bei deren Verlandung sich allmählich Kohleflöze bildeten. Diese Ansicht hatte auch KAUFMANN ausgesprochen (13, 126).

4. Stratigraphische Einschnitte fehlen vollständig. Die Grenze zwischen Aquitan und Burdigalien, sowie diejenige zwischen Helvétien s. s. und Tortonien liess sich bestimmen, dagegen sind die Nagelfluhmassen des Burdigaliens und Helvétiens nicht voneinander zu trennen.

* * *

Obschon über die Genesis der Molassesedimente schon viel geschrieben worden ist, sei es mir doch gestattet, diesbezüglich eine Vorstellung zu äussern, die ich speziell aus den Verhältnissen meines Untersuchungsgebietes gewonnen habe.

Das obere Emmental besteht aus einer Wechsellagerung von grob-, mittel- und feinklastischem Material. In unzähligen Repetitionen lösen Nagelfluh, Sandstein und Mergel einander ab. Wie hat man sich aber die Entstehung dieses Wechsels zu denken?

Wir wissen, dass die Masse der Feststoffe, die ein Fluss fortzuführen vermag, abhängig ist von seiner kinetischen Energie. Diese ist gleich dem halben Produkt aus der Wassermenge (M) und dem Quadrat der Geschwindigkeit (v), also $\frac{Mv^2}{2}$.

Die Grösse der Gerölle, die der Fluss noch fortzubewegen vermag, hängt dagegen nur von der Geschwindigkeit des Wassers ab und wächst mit ihr in einem noch nicht sicher ermittelten Verhältnisse. In obiger Formel hängt der Faktor M , die Wassermenge des Flusses, ab von der Grösse des Einzugsgebietes und der Niederschlagsmenge und der Verdunstung und Versickerung im Bereiche des Flusses.

Die Geschwindigkeit v ist eine Funktion von Gefälle, Wassermenge und Reibung.

Wächst also in einem Flusssystem aus irgendeinem Grunde die Geschwindigkeit des Wassers, so wird der Fluss imstande sein, grössere Gerölle zu transportieren und sie an einer Stelle abzusetzen (wenn das Gewicht des Blockes gleich oder grösser ist als die flussabwärts abnehmende Strömungsenergie des Wassers), wo er sonst viel kleinere Geschiebe abgelagert hätte, wenn die Geschwindigkeitserhöhung nicht eingetreten wäre. Denken wir uns einen Fluss, der während längerer Zeit unter konstant bleibenden Verhältnissen sedimentiert, so wird sich eine Selektion nach der Korngrösse einstellen, wobei der feinkörnige Detritus am weitesten gespült wird. Mündet der Fluss in ein Wasserbecken, so wird dieser zu Boden sinken. Steigt nun die Wassergeschwindigkeit an, so wird der Fluss grössere Rollsteine über die früheren, feineren Absätze vorschieben. Durch eine häufige Veränderung der Flussgeschwindigkeit könnte man allenfalls den Wechsel von grob- und feinklastischen Sedimenten erklären. Was aber sollte diese Geschwindigkeitsänderungen veranlasst haben? Waren es ruckweise Senkungen des Vorlandes, die eine ruckartige Änderung des Gefälles bedingten oder hat man sich periodisch sich wiederholende Hochwasserzustände vorzustellen?

Welche von diesen Erklärungsmöglichkeiten den wirklich erfolgten Vorgängen entspricht, bleibt uns vorläufig ein Rätsel. Die Ursache für die Entstehung dieser Wechsellagerungen scheint, nach den Verhältnissen im Untersuchungsgebiet zu schliessen, in der Tätigkeit von Flüssen oder Strömen gesucht werden zu müssen, obschon die für derartige Ablagerungen sonst bezeichnende Delta- und Kreuzschichtung nur selten beobachtet wurde. Küstenerosion durch Wellenschlag kann für diese Bildungen nicht in Frage kommen. Solche Geröllablagerungen müssten wohl gleichartiger ausfallen, die Wechsellagerung liesse sich nicht erklären, ebensowenig die fächerförmig ins Vorland eindringende Gestalt der Nagelfluhzentren. Abgesehen davon fehlt uns jede Möglichkeit, das Meer des Jungtertiärs in unserem Land direkt mit den Gesteinsmassen der ober- und unterostalpinen Decken in Berührung kommen zu lassen.

Ein derartiger Ursprung würde auch mit den paläontologischen Ergebnissen im Widerspruch stehen.

Aus allen diesen Erwägungen heraus erscheint mir die folgende Entstehungsart am natürlichsten:

Das Vorland befand sich in langsamer (ruckweiser?) Senkung. Dadurch entstanden seichte Wasserbecken, in welche die alpinen Ströme ihre Geröllflut hineinwälzten. Infolge der geringen Tiefe dieser Bassins konnte sich die Stosskraft der Ströme noch innerhalb dieser «stehenden» Gewässer auswirken und das von denselben mitgeführte Material auch hier noch in einem gewissen Betrage bewegen.

Dadurch wurde dasselbe ziemlich regelmässig auf sehr grosse Distanzen verteilt und ist heute in den oft wenig mächtigen, aber kilometerweit ausgedehnten Schichten von Nagelfluh, Sandstein oder Mergel erkennbar. Die Stromlinie erlitt also bei ihrer Mündung in das Becken keinen erheblichen vertikalen Knick. Doch immer ging die Senkung weiter, so dass die Erosion lebendig blieb, aber immer nur in dem Masse, dass die Akkumulation der Ströme die Tieferlegung des Vorlandes wettzumachen vermochte, wodurch die Bildung eines tieferen Beckens verhindert wurde. Deshalb finden wir auch fast keine Delta- und Kreuzschichtungen, welche in einem tiefen Troge unbedingt gebildet worden wären. Denn in diesem Falle hätte der Strom bei seiner Mündung alle seine Kraft eingebüsst, und die mitgeführten Geschiebe wären gleich zunächst der Trogböschung zu Boden gesunken, ohne dass sie der Strom noch irgendwie hätte beeinflussen können. Es wäre keine solche Schichtung entstanden, sondern das Geröllmaterial hätte sich zu einem halbkegelförmigen Delta aufgeschüttet, mit unregelmässiger, steiler Schichtung. In den seichten Bassins und Anschwemmungsebenen dagegen entwickelten sich unter Einwirkung der noch nicht vernichteten Stosskraft des Wassers weit ausgedehnte, flache Schuttfächer, deren Konvexität gegen die Eingänge der Täler nur langsam zunahm.

Um uns einen Begriff vom Betrag der totalen Senkung zu machen, müssen wir uns vergegenwärtigen, dass selbst die obersten Lager der Molasseberge (Napf, Hörnli) aus Nagelfluh bestehen, also aus Geschieben, die ein starkes Gefälle voraussetzen und dass alle diese Molasseberge der mittleren Schweiz bis zu ihren Gipfeln hinauf aus horizontalen, stundenweit ausgedehnten, regelmässigen Lagern von Nagelfluh, Mergel und Sandstein bestehen. Solche Ablagerungen kommen aber nur zustande, wenn sich auch stehende Wässer beteiligen, d. h., sie müssen zur Zeit ihrer Bildung mit der Erosionsbasis in ungefähr gleichem Niveau gestanden haben.

5. Verzeichnis der Fundstellen tertiärer Mollusken im Gebiet zwischen Emme und Ilfis.

Marines Petrefakt des Burdigalien.

Wiggen. Im Bächlein, das vom Guggknubel in nördlicher Richtung abfließt und bei der Wirtshaft «Rössli» in die Ilfis mündet. *Mastra?* (*Spisula*) sp. indet., Höhe 810.

Süsswasserschnecken des Helvétien s. s. (*Helix*, *Limnaeus*, *Planorbis*).

1. Mühlebach bei Langnau, in beiden Ästen der Gabelung, nahe der Zusammenflussstelle, Höhe 775.
2. Vorderstes Zuflüsschen des Ramserengrabens. Höhe 775.
3. Zweitvorderstes Zuflüsschen des Ramserengrabens. Höhe 775—780.
4. Hinterer Geissbach, Höhe 960.
5. Mättenbach bei Eggiwil, Höhe 880.

Süsswasserschnecken des Tortons (*Hyalina subnitens*, KLEIN; *Cepaea silvana*, KLEIN; *Planorbis declivis*, A. BRAUN; *Ericia consobrina*, SANDBG.; *Gonyodiscus euglyphoides*, SANDBG.).

6. Ilfisgraben bei Langnau, Höhe 810.
7. Rechter Ast des Mühlebaches (von Alteneischürli herkommend), Höhe 810.
8. Vorderster Nebenbach des Hühnerbachs (mündet bei Emdacker), Höhe 815.
9. Zweitvorderster Nebenbach des Hühnerbachs (mündet beim Schulhaus), Höhe 820.
10. Bühlgraben, linker Ast (von Leimbach herkommend), Höhe 850.
11. Bühlgraben, rechter Ast (zwischen Bühlkelle und Mittlerbühl), Höhe 850.
12. Fuchslochgraben, Höhe 850.
13. Schleifsteingraben, Höhe 850.
14. Ramserengraben, Ast von Lingummen, Höhe 860.
15. Ramserengraben, Ast von Hüpfenboden, Höhe 860.
16. Ramserengraben, Ast vom Nusser, Höhe 860.

Stratigraphische Tabelle der Molasse des oberen Emmentals im Gebiet zwischen Emme und Ilfis

Stufen	Synonym	Gesteinsausbildung	Vorkommen	Lokalitäten
Vindobonien	Tortonien	Wechsellagerung von Nagelfluh, Sandstein und Mergel. Untergeordnet Kohlen und Süßwasserkalke. (Basis: <i>Kohleflöz von Blapbach</i> . Obergrenze nicht erhalten.)	Höherer Teil des Gebietes zwisch. Emme und Ilfis bis Eggiwil und Trubschachen	Reckenberg, Zwiggarten, Hochwacht, Oberbühl, Vorder und Hinter Scheidegg, Unter und Ober Lingummen, Hüpfenboden, Girschgrat, Hegen, Blapbach, Unter und Ober Hauenen, Hohwürzhoger, Sauernettlen, Hinteregg.
	Helvétien s. s.	Bunte Nagelfluh; untergeordnet Sandstein- und Mergelschichtungen, besonders im oberen Teil	Tieferer Teil des Gebietes zwisch. Emme und Ilfis bis Eggiwil und Trubschachen und von da weg das ganze Gebiet aufbauend	Buchenehausegg, Gumentälchen, Guggknobel, Bisegg und Geissaldeneegg, Rämiggummen, Steinboden, Pfeifer, Balmegg, Meisenegg, Balmegggraben, oberer Teil des Buchschachengrabens, Gühlhorn, Wachthubel, Schönenwald, Schopf, Innenberg, Niederberg, Steinstossknubel, Grosshorben. — Hürliegg, Gisenberg, Gebiet von Vorder und Hinter Geissbach, Bärbach-Gustiloehgraben, Schopf- und Kohlgraben, Äschbachgraben, Emme (Rebloch) und Schangnau.
	Burdigalien	Bunte Nagelfluh. An der Basis Wechsellagerung von Nagelfluh- und Sandsteinzonen (zum Teil Luzerner-, zum Teil granitischer Sandstein); marin bei Wiggen (<i>Maclra</i> , sp.), limmisch im übrigen (Süßwasserkalke im Buchschachengraben).		
Oligocän	Rote Molasse	Bunte Sandsteine (zum Teil granitische Molasse, zum Teil gewöhnlicher Sandstein), bunte Mergel, Süßwasserkalk.	Gebiet zwischen Marbach und Schärli	Binzberg, Grotzenboden, Stächelegg, Unter- und Ober Bergli, Meisenbach, Brameggmoos, Gerstenrütti, Unter und Mittler Buchschachen, Stäckis.

17. Teufenbachgraben zwischen Bärau und Trubschachen, Höhe 875.
18. Krümpelgraben, Hegigraben, Höhe 930.
19. Krümpelgraben, Müsergraben, Höhe 930.
20. Krümpelgraben, Zufluss des Müsergrabens, von der Rutschung westlich von Vorder Blapbach herabfliessend, Höhe 955.
21. Krümpelgraben, Graben, welcher dem vorigen (20) parallel läuft und an der östlichen Seite der gleichen Rutschung entspringt, Höhe 955.
22. Krümpelgraben, Graben westlich von Unter Blapbach, Höhe 975.
23. Krümpelgraben, Graben westlich von Unter Blapbach, Höhe 1000.
24. Höllgraben bei Eggiwil, Höhe 1020.
25. Finsterbach (mündet bei Dieboldswil in die Emme), im Graben, der von Hinteregg herabzieht, Höhe 940.
26. Finsterbach, Graben vom Girschgrat (Gehöft), Höhe 940.
27. Margunggraben (Zufluss des Finsterbaches, vom Girschgrat kommend), 3 Fundstellen auf Höhe 940.
28. Krattengraben (mündet bei Äschau in die Emme), Höhe 850.
29. Dorfwald, Mühlebach, Höhe 940.
30. Hochwacht (Brunnengrabung, heute nicht mehr zugänglich), Höhe 1018.
31. Abrisse im Wald, nordwestlich von Oberbühl (Ende des Bühlgrabens), Höhe 990.
32. Am Anfang des Fuchslochgrabens (unterhalb Punkt 1061, am westlichen Rande des Scheideggwaldes), Höhe 1000.
33. Erlenbachgraben, Plateau von Mutten bei Signau (Fundstelle westlich der Emme), Höhe 800.

III. Tektonik.

Das ganze Gebiet zwischen Emme und Ilfis gehört zum N-Schenkel der nördlichsten Molasse-Antiklinale der Zentralschweiz (A_1 nach ROLLIER, Hauptantiklinale nach HEIM, Würzenbachantiklinale nach BAUMBERGER) und ist ein Teil der subalpinen Molasse, dieser, durch alpine tektonische Vorgänge dislozierten Molassezone am Alpenrand. Nordwärts grenzt sie an die horizontal gelagerte Molasse.

1. Historisches und Übersicht.

B. STUDER beobachtete in diesem Gebiet nördliches und nordwestliches Einfallen, das mit der Entfernung von den Alpen allmählich abnehme und bei Trubschachen in horizontale Lagerung übergehe (2, 56; 9, 378). Im Rebloch glaubte er den Rücken der Antiklinale gefunden zu haben: «Bei den felsigten Schluchten des Reblochs, wo die Nagelfluh eine natürliche Brücke über die Emme bildet, sieht man, dass hier, wie an der Falkenfluh, auf der antiklinalen Linie die Bänke in beträchtlicher Ausdehnung horizontal liegen» (9, 378). Diese Ansicht muss heute aufgegeben werden, wie wir bald sehen werden.

Auf der geologischen Übersichtskarte der Schweiz von B. STUDER und A. ESCHER aus dem Jahre 1855 finden wir den Verlauf des nördlichsten Gewölbes als Linie eingezeichnet, die sich vom Vorarlberg bis nach Lausanne hinzieht.

GUTZWILLER und KAUFMANN verfolgten diese Antiklinale durch die Ostschweiz bis nach Luzern. Von hier verläuft sie nach den Untersuchungen von KAUFMANN über Escholzmatt nach Marbach-Schangnau, wo sie nach ROLLIER mit der nächstsüdlichen (A_2) verschmelzen soll: «Ils confluent en un seul anticlinal entre Marbach et Schangnau» (105, 73). Nach dieser Vereinigung suchte man ihre Verlängerung über Schwarzenegg und Steffisburg.

Für die Westschweiz zeichnete GILLIÉRON eine Antiklinale, die westlich des Aaretals in der Giebelegg beginnt und nach einer Unterbrechung bei Guggisberg sich bis nach Oron hinzieht; von da

verfolgte sie RENEVIER nach Ouchy und auf der S-Seite des Genfersees am Fusse des Mont-de-Boisy (75, 298).

Diese Antiklinale der Westschweiz wurde nun als Fortsetzung derjenigen der Zentral- und Ostschweiz betrachtet. Nun liegt aber das östliche Ende der ersteren (Giebelegg) mehrere Kilometer nördlicher als das Westende der letzteren (Steffisburg). ROLLIER konstruierte daher eine Horizontalverschiebung, um die Verbindung zu schaffen. Er schreibt darüber: «On doit probablement admettre ici un décrochement horizontal suivant la vallée de l'Aar» (105, 74).

Durch diesen Zusammenhang würde sich also ein und dieselbe Antiklinale, vom Allgäu kommend, durch die Ost-, Zentral- und Westschweiz hinziehen, längs folgender Linie: Berneck-Trogen-Kappel-Schmerikon-Pfäffikon-Oberwil bei Zug-Luzern-Kriens-Schwarzenberg-Schüpfheim-Marbach-Schangnau-Schwarzenegg-Rüschegg-Plaffeyen-Gibloux-Oron-Servion-Chailly-Ouchy und weiter bis zum Salève.

Diese Auffassung wird auch von HEIM beibehalten. Er macht aber darauf aufmerksam, dass zwischen E und W eine grosse Verschiedenheit in der Ausbildung der antiklinalen Aufwölbung besteht. Er schreibt (149, 177/78):

«Wenn wir der alpin dislozierten Molasse entlang gehen, so fällt eine grosse Differenz zwischen Ost und West auf. Sie vollzieht sich durch eine Art Wechsel auf der Strecke zwischen Emme und Sense. Auf dieser Strecke verliert sich der normale Antiklinalcharakter. Einige nördlich vorliegende Falten sind nur als schwache Gewölbe ausgebildet. Unsere Linie durchsetzt das Aaretal als Diskordanzüberschiebung von Steffisburg nach der Giebelegg und entwickelt sich westlich der Sense zur westschweizerischen Hauptantiklinale, die nun kontinuierlich bis Ouchy bei Lausanne, vielleicht bis an den Salève ziemlich gradlinig verläuft. Während aber in der Ost- und Mittelschweiz der Nordschenkel der ersten Antiklinale meistens aus einer Zone von gegen Süden sich allmählich immer steiler emporrichtenden Schichten von einigen Kilometern Breite besteht, verkümmert in der Westschweiz von der Sense bis Lausanne der Nordschenkel mehr und mehr. Die ganze horizontale Molasse des Mittellandes ersetzt ihn und statt erst aufzubiegen, biegt die Molasse meistens sofort gegen SE mit 20–40° hinab wie eine Flexur. Stark nordfallende Molasse fehlt; nur an wenigen Stellen ist schwacher Nordfall zu sehen. Die Abbiegungskante muss hier als die Antiklinale bezeichnet werden.»

«Abgesehen von wenigen Unregelmässigkeiten, von denen die bedeutendsten auf dem Stücke zwischen Emme und Sense liegen, können wir sagen, dass unter einem streckenweisen Gestaltswechsel die Hauptantiklinale vom Rhein auf 250 km Länge bis an der Lemensee ziemlich geradlinig, viel geradliniger als die eigentlichen Alpenfalten, verläuft.»

Diese Annahme einer einheitlichen, zusammenhängenden Molasseantiklinale muss heute verlassen werden. Die neueren Arbeiten über die subalpine Molasse haben mit aller Deutlichkeit gezeigt, dass die tatsächlichen Verhältnisse wesentlich andere sind.

BAUMBERGER konnte für die subalpine Molasse von Luzern nachweisen, dass die südliche Antiklinale KAUFMANN'S (A₂, die sich nach ROLLIER bei Schangnau mit der nördlichen A₁ vereinigt) gar nicht existiert. Die Horwerschichten, die nach KAUFMANN den Kern der südlichen Antiklinale darstellen, bilden nach den neuen Forschungen die Basis der aufgeschobenen, inneren Molassezone und besitzen stampisches, nicht oberoligocänes Alter. Die gefaltete Molasse schliesst sich erst nördlich dieser Zone an und bildet bei Luzern drei Gewölbe, die BAUMBERGER in der Reihenfolge von NW nach SE als Würzenbachantiklinale, Birreggantiklinale und Krämersteinantiklinale bezeichnet. Dabei entspricht die Würzenbachantiklinale der Hauptantiklinale (A₁ nach ROLLIER). Die Gesamtheit dieser gefalteten Molasse bildet nach BAUMBERGER die äussere Zone. Abgesehen vom N-Schenkel der Würzenbachantiklinale zeigt sich in derselben nur oberoligocäne (granitische) Molasse; eingefaltete jüngere oder ältere Molassestufen finden sich nicht. Dies ist nur unter der Voraussetzung verständlich, dass die oberoligocäne Gesteinsserie von der Unterlage abgeschürft, zusammengestaut und emporgepresst worden ist, und zwar erst, nachdem der miocäne Sedimentmantel über der granitischen Molasse durch Erosion abgetragen war (168). Die innere Zone ist eine Überschiebungsmasse. Die Gesamtheit der sie zusammensetzenden Schichten ist als tektonische Einheit auf die oberoligocäne granitische Molasse aufgeschoben. Es handelt sich um einen starren, ungefalteten Nagelfluhkomples und eine aus plastischem Gestein (Horwerschichten) bestehenden Unterlage. Diese Unterlage bildet das Gleitmittel, auf welchem die Bewegung der Nagelfluhdecke sich vollzogen hat. Die Bewegung der stampischen Überschiebungsmasse und der Zusammenstau der granitischen Molasse gehören nach BAUMBERGER ein und derselben Dislokationsphase an (168, 172). Diese drei Antiklinalen sind also bloss Sekundärfalten innerhalb der gesamten Zusammenstauung der aquitanen Mergel-Sandstein-

serie (Granitische Molasse, Rote Molasse). Die Krämersteinantiklinale taucht in ihrer westlichen Fortsetzung unter die Überschiebungsfläche. Die beiden nördlicheren Gewölbe setzen sich nach SW hin fort.

Nach BAUMBERGER ist die innere Molassezone dem ganzen Alpenrande entlang eine Überschiebungszone mit ausgesprochener Schuppenstruktur (169, 192).

LUDWIG macht geltend, dass die Richtigkeit dieser Auffassung in der Ostschweiz noch zu prüfen sei (166, 146).

MOLLET konnte die beiden nördlichen, von Luzern herkommenden Gewölbe im Entlebuch nachweisen. Auch hier werden sie durch eine Überschiebung abgeschnitten. MOLLET nennt sie die Beichlenaufschiebung, welche die innere von der äusseren Zone trennt und mit der von BAUMBERGER beobachteten Rigiaufschiebung in Parallele zu setzen ist (141).

Vom Entlebuch bis an den Thunersee wurde die Überschiebung durch die Untersuchungen von SCHIDER und BECK (150) festgestellt. Der grosse Stampienkomplex besitzt im Eriz eine Mächtigkeit von zirka 2700 m, am Thunersee sogar 3700 m; diese Masse, welche BECK als Deckfalte des Blumen bezeichnet, ist nördlich auf die mittelländische Molasse des S-Schenkels der Falkenfluhantiklinale hinaufgeschoben. Während die subalpine Scholle aber bei Luzern und im Entlebuch an Aquitan stösst, trifft sie an der untern Zulg auf limno-terrestrisches Vindobonien (150, XXI).

Die Falkenfluhantiklinale und deren östliche Fortsetzung, der Staufen und Schattenberg westlich der Emme, wurde bisher nur als Sekundärfalte von geringer axialer Erstreckung aufgefasst.

ROLLIER schreibt dazu: «C'est un petit anticlinal secondaire de peu d'étendue, que nous pouvons désigner par A₀» (105, 73).

Neuerdings stellte RUTSCH im Kurzenberg eine noch nördlichere Antiklinale fest, die durch die Diessbachsynklinale vom Falkenfluhgewölbe getrennt ist. Der N-Schenkel der Kurzenbergantiklinale ist identisch mit dem S-Schenkel der Belpbergsynklinale. Durch seine Untersuchungen wurde ferner der Beweis erbracht, dass eine Horizontalverschiebung, wenigstens auf der Linie Lochenberg-Belpberg-Längenberg, nicht vorhanden ist (176).

Die von BECK gefundene Zulgüberschiebung, welche die stampische Nagelflüh des Blumen auf den vindobonen S-Schenkel der Falkenfluhantiklinale aufpresste, findet ihre Fortsetzung westlich des Aaretals im Gebiet der Giebelegg. Hier fand GERBER die mit 20—60° südwärts fallende aquitane Süsswassermolasse auf ganz schwach nach S neigendes Vindobonien aufgeschoben (165). In der Giebelegg ist also gar keine Antiklinale vorhanden, wie dies bis dahin angenommen wurde, sondern eine Überschiebung.

In den Kantonen Freiburg und Waadt wurden Überschiebungen durch die Arbeiten von H. BUSS und E. RITTER festgestellt (139, 161).

Aus allem wird klar, dass in der subalpinen Molasse die Hauptüberschiebung das Persistierende ist und nicht die Falten.

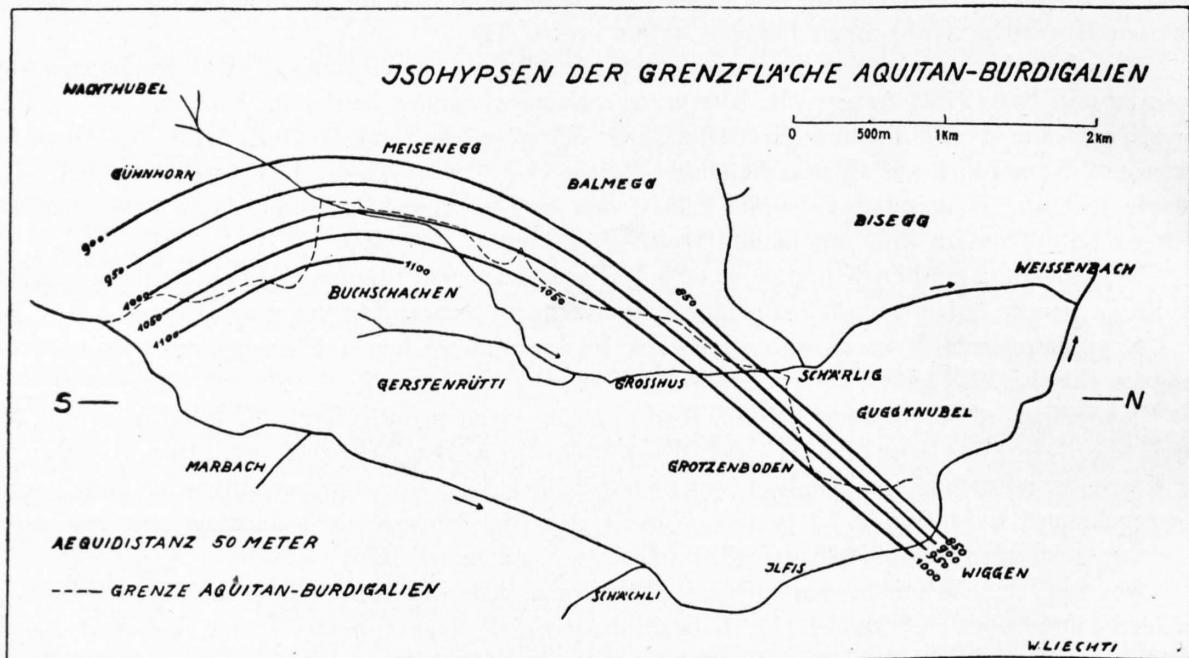
Aus den Resultaten der Forschungen von BECK, GERBER und RUTSCH geht mit Sicherheit hervor, dass sich die Hauptantiklinale (nördlichste Antiklinale) westlich der Emme nicht fortsetzt, sondern dass sie in der Gegend von Marbach-Schangnau irgendwie enden muss.

2. Resultate der neuen Beobachtungen.

Durch meine Untersuchungen kann ich nun klar nachweisen, dass sich die nördlichste Antiklinale der Ost- und Zentralschweiz südlich von Marbach infolge axialen Einsinkens verliert und unter die aufgeschobene Molasse einschiesst, was RUTSCH (176, 175) bereits vermutet hat.

Im vorigen Abschnitt haben wir die Fallmessungen zur Genüge diskutiert und können hier das Gesagte kurz resümieren: Vom Entlebuch herkommend, streicht der N-Schenkel der Antiklinale mit nordwestlichem Fallen in unser Gebiet. Diese Fallrichtung beobachten wir am Guggknubel bei Wiggen, bei Kröschenbrunnen, Dürrenbach usw. Doch weiter südlich, in der Balmegg und Meisenegg, bei Grosshorben und im Gebiet von Buchschachen (zwischen Marbachtal und Schärli), dreht die Fallrichtung nach W und geht schliesslich bei Buchschachenegg und im Gebiet südwestlich

von Marbach in deutliches SW-Fallen über. Diese Lagerung herrscht am Wachthubel und dessen südlichen Ausläufern und reicht mit stets abnehmenden Fallbeträgen bis zur Emmeschlucht (Rebloch), wo sie angenähert horizontal wird. Dieses Umschwenken der Fall- resp. Streichrichtung kann sehr klar beobachtet werden und ist aus der Isohypsenkonstruktion für die Grenzfläche Aquitan-Burdigalien leicht ersichtlich (Textfigur unten). Dieses Abdrehen und Einsinken nach SW lässt die Sandsteine und Mergel des Aquitans südlich von Marbach in der Tiefe verschwinden. Das Hangende derselben, die Nagelfluh des Burdigaliens, senkt sich gemächlich nach SW zur Emme und bildet daselbst eine sehr flache Mulde, deren Axe ungefähr mit dem Lauf der Emme zwischen Rebloch und Sorbach zusammen-



fällt. Diese Quersynklinale ist nur kurz und verliert sich schon 3 km südlich von Eggiwil im Gebiet des Innenberges.

Die Nagelfluhmassen des Helvétien und die Schichten des Torton wurden von dieser Umbiegung des Streichens nur wenig und in den höheren Teilen gar nicht betroffen, denn im Gebiet von Steinboden, Rämigummen und Blapbach herrscht überall NW-Fallen, und dasselbe gilt auch für die Region westlich der Emme.

Die Lagerungsverhältnisse im Gebiet zwischen Emme und Ilfis lassen sich folgendermassen präzisieren:

Der Kern (Aquitans) und die tiefsten Schichten des N-Schenkels der Antiklinale (Unterstes Burdigalien) tauchen südlich von Marbach axial in die Tiefe. Die höheren Schichten (mittleres und oberes Burdigalien) erlitten eine schwächere Absenkung und fallen schwach gegen das Rebloch, wo sie sich muldenförmig ausflachen. Die höchsten Lagen (Helvétien und Tortonien) wurden vom Axialgefälle nicht mehr erfasst und setzen sich mit nordwestlichem Fallen nach W hin fort. Dabei werden die Fallwinkel nach NW hin immer kleiner, und bei Trubschachen, Langnau, Emmenmatt und Schüpbach ist die Lagerung bereits horizontal (Tafel I).

Der N-Schenkel der Antiklinale wurde demnach nicht in seiner gesamten Mächtigkeit harmonisch gefaltet. Die Aufstauung hat sich in den tiefsten Lagen ausgewirkt und besonders die plastischeren Gesteine des Aquitans steil aufgerichtet und zusammengeschoben. Die darüberlagernde Hauptmasse der Nagelfluh wurde infolge ihrer Starrheit nur in die gleichförmige Schiefelage gehoben.

Der Kern der Antiklinale, die Rote Molasse, taucht unter die Überschiebung des Lochsitenberges.

Der weiche, grobkörnige Sandstein, den KAUFMANN bei Schangnau erwähnt (40, 457) gehört zu den Massen, welche durch die Aufschiebung des Lochsitenberges und der Hohen Honegg nordwärts

an die Nagelfluhmassen der Wachthubelregion angepresst wurden. Diese sind also nicht identisch mit der Roten Molasse im Kern der Antiklinale, sondern überdecken dieselbe.

Von Schangnau bis zum Thunersee wurden durch die Zulgüberschiebung die stampischen Sedimente der Hohen Honegg und des Blumen auf den S-Schenkel des Buchholterberges hinaufgeschoben. Der Streifen «Rote Molasse», den KAUFMANN auf Blatt XIII von Schangnau über Schwarzenegg nach Steffisburg zieht und der nach ROLLIER aus der Verschmelzung der beiden Antiklinalen A_1 und A_2 hervorgeht, ist demnach keine Antiklinale, sondern die Basis der an der Zulg überschobenen, subalpinen Molasse. Das Alter dieser Basis, welches für die Scholle des Blumen als Stampien bestimmt wurde (150), bleibt weiter östlich für die Hohe Honegg noch zu prüfen.

Die Streichrichtung am Buchholterberg (Falkenfluhantiklinale) verläuft aber, wenn wir sie nach Osten hin verlängern, einige Kilometer südlich von Eggwil in unser Gebiet. Ebenso nimmt die noch nördlicher folgende Kurzenbergantiklinale, von W herkommend, ihren Verlauf zwischen Schüpbach und Eggwil im Gebiet von Blapbach.

Zusammenfassend können wir sagen:

1. Eine die ganze Schweiz durchlaufende Antiklinale existiert nicht.
2. Die nördlichste Antiklinale der Ost- und Zentralschweiz (Hauptantiklinale nach HEIM, A_1 nach ROLLIER) taucht südlich von Marbach axial unter die aufgeschobene Molasse und wird nach W von derselben überdeckt.

3. Aus den höheren, gleichmässig nach NW fallenden Schichten des N-Schenkels der Antiklinale (Rämisgummen-Blapbachgebiet), entstehen westlich der Emme Gewölbe und Mulden (Falkenfluhantiklinale, Diessbachsynklinale, Kurzenbergantiklinale und Belpbergsynklinale).

4. Erst diese bezüglich der Hauptantiklinale bedeutend nördlicher gelegenen Gewölbe der Falkenfluh und des Kurzenberges setzen sich nach W in das Gebiet zwischen Aare und Sense fort, nicht aber die Hauptantiklinale der Ost- und Zentralschweiz.

5. Ob die «Hauptantiklinale» in der Westschweiz wieder zum Vorschein kommt, muss noch geprüft werden.

Vgl. tektonische Karte von R. RUTSCH (176). Korrektur: Die Antiklinale taucht bei Marbach unter.

IV. Nagelfluhuntersuchungen.

Über die Nagelfluh ist schon viel geschrieben worden, und trotzdem ist man noch zu keinem endgültigen Resultat über Entstehung und Zusammensetzung dieser enorm entwickelten Konglomeratmassen gelangt. Jede neue Forschung brachte Licht in die mannigfaltigen Probleme, aber dennoch sind wir heute weit davon entfernt, uns ein abgeschlossenes Bild von der Genesis der Nagelfluh entwerfen zu können. Jede einzelne Arbeit über diesen interessanten Gegenstand der Molasseforschung wird aber dazu beitragen, die vielseitigen Rätsel der Lösung näherzubringen. Als ein Schritt in dieser Richtung sind auch die vorliegenden Ausführungen zu betrachten.

1. Historisches.

H. B. DE SAUSSURE widmete in seinem Werke «Voyages dans les Alpes» der Untersuchung der Emmegeirölle ein eigenes Kapitel (1, 198—218). Er beschreibt manche Gesteine, die nach ihm in die Familie der Trapp gehören. Dies ist eine alte, aus Schweden (für Treppengestein) stammende Benennung für meist dunkle, versteckt kristallinische oder scheinbar dichte Steinarten, die später Grünstein, Spilit, Aphanit, Basalt, Melaphyr usw. benannt wurden. In diese Klasse stellt er graue, grüne und violette Variolite, ferner verschiedene Arten von Mandelstein (Amygdaloide), wobei der Trapp

das Bindemittel bildet. Alsdann erwähnt der Forscher Porphyre, Granite (gewöhnlich mit rotem Feldspat), Quarzite, Jaspise, Serpentine, Kalke usf.

Dreissig Jahre später (1825) schildert B. STUDER die Verhältnisse der Emmentaler Nagelfluh und macht auf die Reichhaltigkeit der Geröllarten aufmerksam:

Aus seinen Beobachtungen schliesst er, dass nicht alle Schichten der Emmentaler Nagelfluh aus denselben Geröllen, oder wenigstens nicht in gleichen Verhältnissen, zusammengesetzt seien. In der Nagelfluh von Schangnau glaubt STUDER am meisten Sandsteine gesehen zu haben, bei Eggiwil und Kurzenbach dagegen konnte er zu keiner Übersicht gelangen, da rote und grüne Granite, Gabbros und fremde Kalkarten in grösster Mannigfaltigkeit durcheinander lagen, und bei Trubschachen schienen Quarzarten, einheimische Kalkarten, feine Sandsteine und überhaupt wenig ausgezeichnete Gesteinsarten vorzuherrschen. Im allgemeinen sei mit ziemlicher Sicherheit anzunehmen, dass die Urgebirgsarten in der Emmentaler Nagelfluh in weit stärkerem Verhältnis stehen als die Kalk- und Sandsteinarten, und die Gerölle nördlicher oder ungewisser Abstammung ebenfalls in stärkerem Verhältnis als diejenigen alpiner Herkunft. Zudem bemerkt STUDER, dass er die roten Granite und Porphyre nirgends vorherrschend und die Mandelsteine überhaupt nur sehr selten gefunden habe (2, 132/133).

Durch Vergleiche der Gerölle unseres Gebietes mit jenen der Thurnagelfluh gelangt STUDER zum Schluss, dass die Nagelfluh des Emmentals nicht die Fortsetzung der letztgenannten sein könne. Nicht dass sich keine identischen Gesteinsarten in beiden Regionen vorfinden; aber das Verhältnis derselben zu den verschiedenartigen sei so gering, dass man einen Zusammenhang kaum annehmen dürfe. Dagegen findet er eine grosse Ähnlichkeit zwischen der Nagelfluh des Emmentals und derjenigen des Belpbergs (2, 133/134):

«Weit näher steht hingegen diese Gruppe, in Rücksicht ihrer Gerölle, der Gruppe des Belpbergs. Die grünen Granite, die körnigen Quarze, die Serpentine, selbst viele Nuancen rother Granite, die ich im Belpberg, aber nicht bey Thun gefunden, sind beyden gemein und in beyden vorherrschend, und wenn die Mandelsteine im Belpberg zu fehlen scheinen, oder in der Thath fehlen, so darf uns diess eben nicht wundern, da sie auch im Emmenthal selten vorkommen. Dass die Gruppe des Emmenthals näher mit derjenigen des Belpbergs, als mit der Thuner zusammenstimmen werde, hätten wir übrigens schon aus den Lagerungsverhältnissen vermuthen können. Beyde gehören nämlich schon in die Reihe der nördlich fallenden Gebirge, und müssen daher zu der Zeit, als die uns unbekannte Kraft die Nagelfluhformation aus ihrer ursprünglich horizontalen Lage in der Mitte erhob, oder an beyden Enden einsenkte, in ähnlichen Verhältnissen, oder gar im Zusammenhang gestanden haben.»

Seit den Arbeiten STUDERS war unsere Nagelfluhregion nicht mehr Gegenstand der geologischen Forschung, bis sie von F. J. KAUFMANN abermals studiert wurde (40). Über die qualitative Seite der Geröllführung der Emmentalernagelfluh macht der Autor folgende Angaben (40, 456):

«Unter den Rollsteinen der Nagelfluh sind im ganzen die Quarzite an Grösse wie an Zahl vorherrschend. Es gibt weisse, graue, bräunliche, blutrothe, wachsgelbe und grüne Abänderungen (letztere mit vielen eckigen, fast hyalinen Quarzkörnern und röthlicher Verkittung). Dann kommen die rothen Granite, die Grünsteine, der Serpentin (gewöhnlich mit weisslichem Quarz). Sandstein ist ziemlich selten, Kalkstein (hellgrau, wohl jurassisch) sehr selten.»

Aber auch in andern Gegenden der Schweiz wurde die subalpine Nagelfluh einer eingehenden Untersuchung unterworfen. Von den Autoren, welche in dieser Sache tätig waren, sind zu nennen: KAUFMANN, GUTZWILLER, SCHALCH, MOESCH, GILLIÉRON, FAVRE und SCHARDT (27, 33, 37, 38, 40, 43).

1890 erschien die gekrönte Preisschrift «Beiträge zur Kenntnis der Nagelfluh der Schweiz» von J. J. FRÜH (48). In dieser umfassenden, im einzelnen in jeder Hinsicht ausführlichen Arbeit finden wir für unser Untersuchungsgebiet nur die Wiedergabe der Ergebnisse KAUFMANNs, da FRÜH die Nagelfluhverhältnisse des Emmentals nicht aus eigener Anschauung kannte.

Eine weitere, für die petrographische Erkenntnis der Nagelfluhgesteine sehr wertvolle Publikation verdanken wir H. FREY (55). Der Verfasser beschreibt die kristallinen exotischen Gesteine der Thunerseenagelfluh und vergleicht dieselben mit einer Reihe von Gesteinen anderer Gebiete. Uns muss vor allem die Vergleichung mit dem Emmental interessieren. Wir lesen darüber (55, 20):

«Das Überraschendste bei diesen an negativen Resultaten so reichen Vergleichen sind die Parallelisierungsversuche mit der Emmentaler Nagelfluh. Ausser den weniger wichtigen Dioriten, Gabbro und Quarziten konnten nur zwei Gleichstellungen aufgefunden werden, nämlich: roter Porphyry, mit einem Gestein von Trubschachen und grüner Porphyry mit einem Gestein von demselben Fundorte. Ausgenommen diese beiden, ziemlich weit westlich, also dem Thunersee näher, sich findenden Gesteine, steht das ganze östliche Nagelfluhgebiet des Napf vollständig fremd der

Thunerseenagelfluh gegenüber. Wenn irgend eine Tatsache, so spricht diese für die ganz lokale Ausbildung der Nagelfluh; unterstützt wird diese Ansicht von der oft erstaunlichen Grösse bis $\frac{1}{2}$ m³ und der schlechten Rundung der Gerölle.»

2. Zusammensetzung der Nagelfluh.

a) Methode der Untersuchung.

Um die relative Häufigkeit der hauptsächlichsten Nagelfluhgerölle zu ermitteln, wurden an 26 Orten des Gebietes Zählungen vorgenommen und deren Werte in Prozenten ausgedrückt. Dabei wurden die Geröllarten in die folgenden 8 Gruppen zusammengefasst:

1. Rote Granite.
2. Grüne Granite.
3. Übriges Kristallin (Gabbros, Diorite, Serpentine, Porphyre, Quarzporphyre, Diabase, weisse und gelbliche Granite, Gneise, Aplite, Pegmatite).
4. Quarzite.
5. Gelbe Sandsteine.
6. Andere Sandsteine.
7. Kalke und Dolomite.
8. Varia (Radiolarite, Epidotquarzite, schwarze Hornsteine, Breccien). (Vgl. Tafel III.)

Von jeder dieser Gruppen wurden einige Typen mikroskopisch untersucht. Da exakte und eingehende Vergleiche mit entsprechenden anstehenden Gesteinen zurzeit noch fehlen, konnten diese Untersuchungsergebnisse die Frage nach der Herkunft der Nagelfluhgerölle nicht immer mit genügender Sicherheit entscheiden.

b) Beschreibung der einzelnen Gesteine ¹⁾.

Unter den kristallinen Gesteinen herrschen fast ausschliesslich massige Gesteine vom Charakter der Granite, Gabbros, Diabase und Porphyre vor. Gneise und kristalline Schiefer aller Art sind selten.

Rote Granite.

Unter dieser Bezeichnung werden zusammengefasst Granite von grobem bis feinem Korn und roter Gesamtfärbung, ebenso auch rot und grün gefleckte Granite mit überwiegender Rotfärbung.

1. *Granit*, feinkörnig, rötlich. Mineralbestand: Orthoklas als Ausfüllungen zwischen den Plagioklasen. Mikroklin mit Gitterstruktur, häufig entwickelt (Myrmekit), Plagioklas, stark entmischt. Albit hat sich aus der überschüssigen Kieselsäure der Restsubstanz gebildet. Die Plagioklase zeigen häufig Primärverwachsungen mit Quarz (Eutektstrukturen). Quarz, Biotit, Muskowit, Zirkon. Struktur eher aplitisch als granitisch, da die Quarze oft besser ausgebildet sind als die Feldspate. Das Gestein ist ein saurer Zweiglimmergranit. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Ähnlich feinkörnigen Varietäten des rötlichen Berninagranites.

2. *Granit*, mittel- bis feinkörnig, Färbung rötlich- und grünfleckig. Mineralbestand: Orthoklas, albitisiert, zu Perthit und Schachbrettorthoklas umgewandelt. Plagioklas erfüllt mit Umwandlungsmineralien. Viele Individuen besitzen Zonarstruktur. Quarz, Biotit, Chlorit, Zirkon, Apatit. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Sehr ähnlich dem roten Bernina- (Alkali-) granit.

3. *Saurer Granit*, mittelkörnig, rot. Fast nur aus Quarz und Feldspat bestehend. Untergeordnet Biotit und Epidot. Fundort: Ilfishang bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Unbestimmt.

¹⁾ Die einzelnen Gerölle sind kurz skizziert. Die vollständige Beschreibung der mikroskopischen Untersuchungsergebnisse ist im geologischen Institut Bern deponiert, da zur genauen Orientierung die Durchsicht der Geröllsammlung unumgänglich ist.

4. *Biotitgranit*, mittelkörnig, schwach rosa gefärbt. Quarz, weisse und rötliche Feldspate und schöne Biotitblättchen. Akzessorisch Epidot. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Bernina.

Zusammenfassung: Diese Gesteine haben grosse Ähnlichkeit mit Graniten, namentlich den Alkaligraniten der Bernina.

Grüne Granite.

Darunter werden verstanden Granite und Granodiorite mit grünen, saussuritisierten Feldspaten vom Habitus der Albula-Errgranite (und Tonalite).

5. *Granit*, mittelgrosse Körnung, Färbung rötlich und grünfleckig, verursacht durch den rötlichen Orthoklas und die grünen Plagioklase. Mineralbestand: Orthoklas, häufig albitisiert und zu Schachbrettalbit umgewandelt. Plagioklas stark entmischt, mit Albitrand (Zonarstruktur); alle Individuen sind von Orthoklas umwachsen. Quarz, Biotit (Chlorit), Muskowit, Apatit, Zirkon. Fundort: Untergass, südlich Marbach (Aquit.). Herkunft: Wahrscheinlich aus den bunten Berninagraniten.

6. *Quarzdiorit-Granit*, stark grün, grobkörnig. Mineralbestand: Pyroxen, meist in Chlorit und Epidot umgewandelt. Chromepidot bildet Einschlüsse in Chlorit, ebenso der seltene Cerepidot (Orthit). Albitisierter Orthoklas (Perthitbildung von Schachbrettorthoklas), umgewandelter Plagioklas. Herkunft: Albula.

7. *Granodiorit* mit ausgesprochen grüner Färbung. Die saussuritisierten Plagioklase bilden den wesentlichen Bestandteil. Daneben Hornblende, Biotit und reichlich Quarz. Fundort: Trubschachen (Helv.) Herkunft: Albula-Errgranite.

8. *Granit*, grobes Korn, Färbung hellrot und dunkelgrün. Grosse, rötliche Orthoklaskristalle, stark grüne Plagioklase. Spärlicher sind wasserklarer Quarz, Muskowit und Biotit. Fundort: Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: Albula.

Übrige kristalline Gesteine.

Unter dieser Bezeichnung werden zusammengefasst: Gabbro, Diabase und andere Grüngesteine (Ophiolithe), Quarzporphyre, graue und rote Porphyre, weisse Granite, Pegmatite etc. Dazu ist zu bemerken, dass wahrscheinlich die weissen Granite und granitischen Ganggesteine mit den als «rote Granite» bezeichneten zusammengehören.

9. *Olivingabbro*, mittelkörnig, dunkelgrünliche Farbe. Mineralbestand: Braune Hornblende, Feldspat (Plagioklas), stark zersetzt, Zwillingslamellierung sehr selten. Quarz; Olivin, umgewandelt in Serpentin, als gutbegrenzte Körner. Biotit mehr oder weniger in Chlorit umgewandelt. Apatit, Titaneisen, Titanit. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Gehört wahrscheinlich zu den mesozoischen Ophiolithen.

10. *Diallagabbro*. Mittelkörniges, mesokrates Gestein. Mineralbestand: Pyroxen, meist Verwachsung von rhombischen und monoklinen, eisenarmen Lamellen (Enstatit und Diallag). Feldspate, gänzlich saussuritisiert, makroskopisch weiss. Chlorit aus umgewandeltem Pyroxen; Pyrit. Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Unbestimmt, Ophiolithgruppe oder unterostalpin?

11. *Saussuritgabbro*, grobkristallin, hellgrüne, stark saussuritisierte Plagioklase und brauner Diallag mit deutlicher Spaltbarkeit. Fundort: Mündung des Kurzenbaches im Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: Ophiolithe?

12. *Gabbro* von grüner Farbe und mittlerer Korngrösse. Mineralbestand: Pyroxen, Diallag, umgewandelt in grüne Hornblende und Chlorit. Feldspat total saussuritisiert. Biotit, Titanit und sekundärer Quarz. Fundort: Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: Ophiolithe.

13. *Gabbro*, ziemlich grobkörnig, weiss und rot gefleckt. Weisser Plagioklas und Hornblende. Um diese herum sind die Plagioklase stets rot verfärbt. Fundort: Nagelfluhabriss östlich des Gühngrabens; Buchschachen, Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: Ophiolithe?

14. *Serpentin*. Dichtes, zähes Gestein mit grünlicher Färbung und glatter, dunkler Oberfläche. Fundort: Nagelfluhrutschung im Buchschachengraben (Unt. Burd.). Herkunft: Ophiolithe.

15. *Serpentin*, dunkel, schwärzlichgrau, dicht mit vereinzelt kleinen Feldspateinsprenglingen. Fundort: Untergass, südlich Marbach (Aquit.). Herkunft: Ophiolithe.

16. *Lamprophyr*, feinkörnig, hellgrün. Ebenso dunkelgrüne Varietät mit körneliger Struktur. Fundort: Nagelfluhabriss östlich des Gühngrabens, Buchschachen, Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: Ophiolithe.

17. *Diabas oder Diabasporphyrit*. Grünes Gestein mit porphyrischer Struktur. Mineralbestand: Feldspat, total chloritisiert; Serizit, Titanit, Pyroxen und Eisenerz. Labrador bildet bis 5 mm grosse Einsprenglinge in der feinkörnigen bis dichten, grünen Grundmasse. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Gehört zu den Ophiolithen mit spilitartigem Habitus.

18. *Epidotisierter Diabasporphyrit*. Dichtes, grünlichgraues Gestein mit schöner Ophitstruktur. Mineralbestand: Plagioklas als kreuz und quer verlaufende, leistenförmige Kristalle. Epidot bildet gelbe Massen, die ein Aggregat von winzigen Körnchen und Schüppchen darstellen. Eisenglanz als schlierige Einschlüsse in Epidot. Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Ophiolithengruppe (oder Bernina).

19. *Diorit*, grünes Aussehen, bedingt durch die saussuritisierten Plagioklase. Neben diesen hauptsächlich Hornblende. Quarz fehlt. Struktur mittelkörnig. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Gruppe der Err-Albulagranite (und -diorite).

20. *Granodiorit*, grau (Quarz) und weiss (Feldspat) gesprenkelt. Mineralbestand: Albitisierter Orthoklas, farblos, körnig. Plagioklas, grau, total zersetzt. Quarz, blaugrau, glasig als typische letzte Ausscheidung. Biotit, frisch oder chloritisiert. Chlorit, Apatit, Zirkon und Erz. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Unbekannt.

21. *Granit*, feinkörnig, weiss. Hauptsächlich Feldspat und Quarz, seltener Biotit und Muskowit. Fundort: Ilfishang bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Viele Möglichkeiten.

22. *Granit*, mittelkörnig, weiss, mit schönen, zum Teil sechseckig begrenzten Glimmerblättchen. Das Gestein stimmt dem Aussehen nach mit einem Gastergranit überein. Fundort: Gipfel des Wachthubels (Burd.). Herkunft: ?

23. *Porphyrit*, grünlich, mit grösseren, grün verfärbten Plagioklaseinsprenglingen. Ferner Quarz und Glimmer. Fundort: Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: ?

24. *Granophyrischer Quarzporphyr*. Stark rotes Gestein mit granophyrischer Grundmasse und kleinen Quarzeinsprenglingen. Mineralbestand: Quarz, in der Grundmasse als kleine, eckige Körner, dann als grössere Einsprenglinge mit fingerförmigen Anwachsrandern. Häufig sind nesterartige, radialstrahlige Verwachsungen von Quarz mit Feldspat (granophyrische Eutektstruktur). Feldspat als verfärbte Körner in der Grundmasse. Als Einsprenglinge erkennt man zersetzte Plagioklase. Zirkon, Eisenerz. Fundort: Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: Ähnlich den roten Quarzporphyren von Lugano, möglicherweise zu den Quarzkeratophyren gehörend.

25. *Granophyr*, braunrot, porphyrische Struktur. Grundmasse aus eckigen und zerlappten Körnern von Quarz, Orthoklas und Plagioklas. Hier und da trifft man richtige Implikationsstruktur. Feldspat, zersetzt und trüb, bildet grosse Einsprenglinge (Karlsbaderzwillinge). Muskowit, Eisenerz. Fundort: Steinbach, Trubschachen (Helv.). Herkunft: Gehört zu den Quarzporphyren und wahrscheinlich den roten Graniten. Heimat unbekannt.

26. *Quarzporphyr*, stark rot, mit kleinen Quarz- und Feldspateinsprenglingen in feinkörnig-glasiger Grundmasse. Die Quarze sind schwarz, glasig glänzend. Fundort: Untergass südlich Marbach (Aquit.). Herkunft: Ähnlich den Quarzporphyren von Lugano.

27. *Quarzporphyr*, hellrot mit wasserklaren Quarzindividuen in der überwiegend aus Feldspat bestehenden Grundmasse. Fundort: Linkes Ilfisbord bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Ähnlich den Quarzporphyren von Lugano.

28. *Pegmatitischer Granit*. Feinkristallines, weisses Gestein, worin die Glimmerblättchen kleine, grünliche Fleckchen bilden. Mineralbestand: Orthoklas, Perthit mit eingelagerten Albitleisten ist selten. Mikroklin häufig. Plagioklas entmischt, mit kleinen Seriziteinschlüssen. Quarz als idiomorphe Einsprenglinge in den Feldspaten. Biotit, Muskowit, Chlorit. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Unbekannt.

29. *Pegmatitischer Granit*. Gelblichweiss, mittelkörnige Struktur. Mineralbestand: Orthoklas, Perthit, mit Quarz-Albit- und Plagioklaseinschlüssen. Albitlamellen, erfüllt von Quarzbohnen und -würmern (Myrmekit). Quarz, Chlorit, Biotit, Titaneisen, Zirkon, Orthit, Apatit, Turmalin. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Nicht bestimmt, möglicherweise zu den Graniten vom Typus Bernina gehörig.

30. *Pegmatit*, weiss mit grossen (bis 1 cm²) Muskowitschuppen. Die Grundmasse ist feinkörnig und mattweiss. Mineralbestand: Orthoklas, Mikroklin, Plagioklas, mehr oder weniger entmischt. Quarz mit Plagioklas in schriftgranitischer Verwachsung (Eutektstruktur). Häufig auch Myrmekitbildungen. Biotit, Chlorit, Muskowit (Serizit), Apatit, Zirkon und Erzkörner. Fundort: Bärbachhaus, Bärbach, Eggwil (Helv.-Burd.). Herkunft: Viele Möglichkeiten.

31. *Aplite*, Pegmatite, zum Teil mit kaolinisierten Feldspaten; Pegmatite mit Saussurit, Epidot und Quarz. Herkunft: Viele Möglichkeiten.

32. *Gebänderter Quarzeisenstein*. Melanokrates, schweres Gestein, dichte Struktur und dunkelgraue, lagenweise violett getönte Färbung. Es ist ein metamorpher, eisenschüssiger Sandstein. Mineralbestand: Quarz und Eisenglanz (Hämatit Fe_2O_3) bilden die Grundmasse. Strahlstein als Nadeln, Bündel und Garben. Karbonat. Das Gestein besitzt typische Pflasterstruktur (Quarz, Strahlstein und Karbonat als Neubildungen). Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Unbekannt, wahrscheinlich aus prätriadischen Sedimenten.

33. *Verrucanoähnliche Porphyritbreccien*, braunrot, konglomeratisch, mit ziemlich grossen Komponenten (bis 2 cm). Fundort: Steinbach bei Trubschachen und Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: ?

34. *Verrucanoähnliche Porphyritbreccien*, rötlich, mittel-grobkörnig.

Zusammenfassung: Aus dem Penninischen und der Grenze Penninisch-Ostalpin stammen die Ophiolithe, aber nur die massigen Vertreter. Es fehlen die Epidotschiefer, Glaukophangesteine usw., auch Variolit und Serpentin sind selten. Vorhanden sind ferner Granite von höchstwahrscheinlich unterostalpiner Herkunft.

Quarzite.

Graue und weisse Quarzite werden im allgemeinen als untertriadische bis permische Sandsteine der penninischen Zone angesehen.

35. *Glimmerquarzit*, grüngelb, stark gepresst, mit schiefriger Struktur. Das Gefüge deutet auf einen kristallinen Schiefer, der aus einem Sandstein hervorgegangen ist. Mineralbestand: Quarz, Biotit, Karbonat, Turmalin, Zirkon und Pyrit. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Wahrscheinlich prätriadischer Quarzitsandstein.

36. *Kieselschiefer*. Roter, feinkörniger Quarzit mit Pflasterstruktur. Es handelt sich um einen umkristallisierten Quarzit. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Wahrscheinlich metamorpher Radiolarit.

37. *Grauer Quarzitsandstein*, zusammengesetzt aus kleineren und grösseren, eckigen und rundlichen Quarzkörnern. Selten sind Körnchen von Pyrit und Bleiglanz. Ferner Graphitstaub, Muskowitschupp-

chen und Feldspat, sowie Körner von SiO_2 -Aggregaten. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Ist wohl zu den angeblichen permo-triadischen Quarziten zu stellen.

38. *Rote, grüne, weisse und dunkelgraue Quarzite.* Herkunft: Permo-Trias.

Gelbe Sandsteine.

Feinkörnige Sandsteine mit kalkigem Bindemittel, ab und zu glaukonitführend, reichlich beigemengte Foraminiferen (meist Globigerinen und Rotaliden). Nummuliten wurden keine gefunden, wohl aber Lithothamnien. Diese Sandsteine sind, auch nach dem äusseren Habitus zu schliessen, als alttertiär anzusehen (Flyschsandstein), stimmen aber weder mit Gurnigel- noch Niesensandsteinen überein.

39. *Feinkörniger, gelber Kalksandstein.* Feinkörnige, kalkige Grundmasse. In dieser liegen kleinere Kalzitkristalle und massenhaft eckige und gerundete Quarzkörner, auch Feldspatkörner (Orthoklas, Mikroklin, Plagioklas), ferner Glaukonit, Muskowit und Erzkörner. Foraminiferen (meist nur Bruchstücke) und Radiolarien.

Das Gestein kommt nach RUTSCH häufig in der «Sädelnagelfluh» des Belpberges vor (Flyschsandkalke). Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Flyschsandstein.

40. *Gelber Kalksandstein*, eine Abart des vorigen (Nr. 39). Kalk bildet die ziemlich feinkörnige Grundmasse und kleine kristallisierte Körner, sowie die Ausfüllungen zwischen den übrigen Mineralien. Massenhaft sind Körner von Quarz, seltener solche von Orthoklas, Plagioklas, Biotit (Chlorit), Muskowit, Epidot, Glaukonit und Erz. Ferner Foraminiferen, meist feinzackig begrenzte Kammern von Globigerinen. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Flyschsandstein.

Andere Sandsteine.

Fein- bis grobkörnige, graue oder bräunlichgelbe Sandsteine (Kalk- und Glaukonitsandsteine). Sie unterscheiden sich von den «gelben Sandsteinen» durch dunklere, graue Farben.

41. *Kalksandstein*, grau. Kalzit-, Chlorit-, Muskowit-, Feldspat- und Erzkörner. Ferner viele Körner von feinschuppigen Quarz- oder Kalzedonaggregaten. Glaukonit umgewandelt in chloritartige Mineralien. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Flyschsandstein.

42. *Glaukonitsandstein.* Feinkörniger, bräunlichgelber Sandstein mit einem Stich ins Grünliche. Eckige und gerundete Quarz- und Kalzitkörner. Das Bindemittel ist Kalk. Zahlreich sind Glaukonitkörner, spärlicher Biotit, braunrote Körner (Hämatit) und Feldspatindividuen (Plagioklase). Ziemlich häufig sind Organismen: Milioliden, Rotalia. Feine Gitter von Lithothamnien. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Flyschsandstein.

43. *Grober, brecciöser Sandstein* von grauer Färbung, mit gelbverwitternden Körnern. Ähnlich Niesenbreccie. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Flyschsandstein.

Kalk und Dolomit.

Unter den Kalken gibt es nicht selten Vertreter, die makroskopisch und mikroskopisch den feinspätigen oder oolithischen Kalken vom Urgontypus der unteren Kreide (Valangien, Barrémien, Aptien) nahekommen, ohne aber mit ihnen identisch zu sein. Es fehlen die für den Urgontypus charakteristischen Milioliden, Orbitolinen, und die Diploporiden sind nur ganz unsicher zu erkennen. Möglicherweise handelt es sich um ultrahelvetische Unterkreide oder auch Falknisdecke. Daneben finden sich häufig Kieselkalke mit zahlreichen Resten von Spongien und Radiolarien, die in Hornsteine übergehen. Diese Gesteine erinnern ebenfalls an helvetische Unterkreide, sind aber wohl andern Ursprungs. Ihr Gehalt an Spongien und Radiolarien ist viel grösser als in den helvetischen Kieselkalken. Weissliche Kalke und braune Hornsteine dürften dem Malm angehören. Calpionella wurde bisher allerdings nicht gefunden. Roter Kalk, ähnlich Arzo-Lias, ist sehr selten. Dolomite sind ebenfalls selten.

44. *Dichter Kalk*, grauschwarz, mit Neubildungen von zuckerigem Quarz. Stylolithische Nähte. Nadelchen, verkalkte Radiolarien? Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Unbestimmt.

45. *Dichter Kalk*, grau, reich an Radiolarien und Spongien. Auch Quarzkörner. Fundort: Rutschung östlich des Gühngrabens, Buchschachen, Schärli (Unt. Burd.). Herkunft: Tithon?

46. *Dichter Kalk*, grau, pigmentiert. Mikobreccie; brecciöse Struktur durch Umkristallisierung, diagenetisch zum Teil verstärkt, mit hellen, kalzitischem Bindemittel. Enthält Spongien und Eisenglanz Körner. Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Ähnlich Neokom-Fleckenkalk.

47. *Feinkörniger Kalk*, hellgrau, mit vereinzelt Erz- und Quarzkörnchen. Feine kalkige Spongiennadeln und Radiolarienkugeln. Foraminiferen fehlen. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Ähnlich Malm oder Neokom der Klippen.

48. *Spongienkalk (Kieselkalk)*, grau, feinkörnige Kalkgrundmasse mit grösseren, runden, ovalen und länglichen Kalzitgebilden: Verkalkte grosse Monaxonen (Echinodermen). Ferner Einlagerungen von Hornstein mit Spongien. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Unbestimmt. Erinnt an Kieselkalke des helvetischen Valangien und Hauterivien, enthält aber viel mehr Spongien.

49. *Spongienkalk*, schwärzlichgrau, mit feinkörniger Grundmasse. In diese sind massenhaft runde, ovale und längliche Kalzitindividuen eingelagert, gebildet von Spongienankern und -hämmern. Weiter sieht man gekammerte und auch sechseckige Gebilde (Echinodermenfragmente, Foraminiferen [Lagenas?]). Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Erinnt an helvetischen Kieselkalk, ist aber nicht damit identisch.

50. *Kalkoolith mit Echinodermensplittern*, dunkelgrau, bräunlich mit sehr schönen Ooiden, deren Kerne aus Relikten von Echinodermen und andern Organismen bestehen. Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Unbestimmt. Erinnt an Barrémien-Oolithe, es fehlen aber alle typischen Organismen. In Frage kommt auch Oberer Malm und Hettangien. Im Schliff dem Hauptrogenstein ähnlich.

51. *Oolithischer Kalk*, hellbräunlich, etwas spätig, schöne Ooide von runder, ovaler, auch länglicher Form, in hellem Kalzitbindemittel. Bei einigen weist die Kernstruktur die merkwürdigsten Gestalten auf, welche von Organismen herrühren (Foraminiferen, Kalkalgen?). Zum Teil bestehen die rundlichen Gebilde nur aus einer oolithischen Rinde von Kalksand. Fundort: Schangnau (Unt. Burd.). Herkunft: Struktur sehr ähnlich den Barrémien-Aptienoolithen, es fehlen aber sichere Milioliden, Diploporiden, Orbitolinen.

52. *Dichter, gelblichweisser Kalk mit Übergängen in hellbräunlichen Hornstein*, mit Einschlüssen von Silex, gebildet aus winzigen Quarzkörnchen. Spongien, zum Teil noch kieselig, Radiolarien häufig, kalkig und kieselig. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Erinnt äusserlich an Malm oder Neocom der Klippen, gehört aber nicht zum Radiolarit wegen der zahlreichen Spongien.

53. *Kieseliger Kalk*, neutralgrau, feinkörnige Grundmasse von Kalk mit eingelagerten SiO_2 -Körnern (Radiolarien, Spongien? Quarzsand), Erzkörnchen und zahlreiche Spongien. Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Malm oder Neocom der Klippen?

Varia.

Roter Radiolarit und Radiolaritkalk typisch. Schwarze, spongitische Hornsteine. Rote Echinodermenbreccie (selten). Breccien und Konglomerate.

54. *Hornstein*, braun, mit quarziger Grundmasse, in welche kleinere und grössere Kalzitkörner eingelagert sind. Ursprünglich ziemlich sicher spongitisch, feinkristalline Quarz- (oder Kalzedon-) Grundmasse mit Andeutung von Spongiennadeln und reichlichem, idiomorphem Karbonat. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Unbestimmt. Möglicherweise aus Flysch.

55. *Hornstein, Spongit*, dunkelgrau, fein- bis mittelkörnige Grundmasse aus Quarz, darin massenhaft eckige, zackige und gelappte Fetzen von kleineren und grösseren Kalzitpartikeln. Körner von Erz und Chlorit. Vereinzelt Foraminiferen und Spongien. Fundort: Mühlebach bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Konkretion aus Spongienkalk wie Nr. 49.

56. *Roter Radiolaritkalk*, durch Eisenhydroxyd vollständig verfärbt. Feinkörnige Grundmasse aus Kalk mit eingelagerten kleineren und grösseren Kalzitkörnern. Auch Foraminiferen sind vorhanden. Fundort: Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Oberjurassischer Radiolarit der Ostalpen und Klippen.

57. *Dunkelroter Radiolarit*. Fundort: Steinbach bei Trubschachen (Helv.). Herkunft: Oberjurassischer Radiolarit der Ostalpen und Klippen.

58. *Sandige, rötliche Echinodermenbreccie*. Echinodermenstruktur, feinkörnig. Der Kalzit bildet grössere Kristalle, welche sich gegenseitig begrenzen und kleinere Quarzkörner umwachsen, die meist eckig, seltener kantengerundet sind. Nicht selten sind Körner von Orthoklas, Mikroklin und Plagioklas, Chlorit, Muskovit und Hämatit. Fundort: Ilfisbord bei Langnau (Ob. Helv.). Herkunft: Ähnlich rötlichen Echinodermenbreccien des Lias der Ostalpen und Klippen.

59. *Crinoidenkalk (Lumachelle)*, neutralgrau mit gelber Verwitterungsoberfläche. Schöne, runde Querschnitte von Crinoidenstielgliedern. Eisenschüssig. Fundort: Äschau (Ob. Helv.). Herkunft: Ostalpines- oder Klippenrhit.

60. *Korallenkalk*. Gelber Kalk mit schönen Schnitten von Korallen. Fundort: Eggiwil (Helv.). Herkunft: ?

61. *Konglomerat*, gebildet aus grossen (bis 5 cm), runden oder ovalen Kalk- und Hornsteingerollen. Die Kalkgerölle sind dicht und bräunlichgrau, dann auch dunkel und kieselig. Zahlreich sind auch kleine, erbsengrosse Komponenten. Die Verkittung ist kalkig und sehr fest. Fundort: Hinter Rämismatten (Helv.). Herkunft: ?

Obgleich mit dieser Zusammenstellung der grosse Reichtum der Gesteinstypen nicht erschöpft ist, so gibt sie doch ein gutes Bild der Zusammensetzung der Konglomeratmassen dieses Bezirkes. Die hauptsächlichsten Merkmale treten deutlich hervor, und diese würden auch durch die Einbeziehung der hier nicht erwähnten Geröllsorten nur unwesentlich oder gar nicht verändert. Denn diese letzteren sind für den Aufbau der Nagelfluh von so untergeordneter Bedeutung, dass sie im Vergleich zu den zitierten Arten als Einzelvorkommnisse aufzufassen sind.

3. Die Herkunft der Gerölle.

a) Die verschiedenen Ansichten über den Ursprung der Nagelfluh in ihrer geschichtlichen Entwicklung.

Schon lange versuchte man, den Ursprungsort der Nagelfluhgerölle zu bestimmen, und so fehlt es nicht an vielen Hypothesen, welche denselben zu deuten versuchten. Seit langer Zeit war bekannt, dass die Gesteine der jetzt zunächst gelegenen Stromgebiete der Alpen in der Nagelfluh höchst selten vorhanden sind. Dies gilt sowohl für die Sedimente als auch für die kristallinen Komponenten. Unter den letzteren sind es besonders gewisse Granite, welche mit den Vorkommnissen dieser Gesteinsart in den heutigen Alpen nur schlecht oder gar nicht übereinstimmen und deshalb als «exotisch» bezeichnet wurden.

SAUSSURE berichtet 1796 im Zusammenhang mit der Besprechung der Gerölle der kleinen und grossen Emme über deren Heimat (1, 216/17):

«Il n'est nullement vraisemblable qu'ils viennent des montagnes de l'Entlibuch où elles ont leurs sources; il paraît au contraire qu'ils viennent de pays situés plus au Nord. Je puis ajouter, que j'ai trouvé entre Zurich et Winterthur, et même de l'autre côté du Rhin, entre Schaffhouse et Bâle, plusieurs variétés de variolites parfaitement semblables à celles des deux Emmes, tandis que l'on assure n'avoir trouvé le pays natal de ces pierres dans aucune montagne de la Suisse.

Il paraît que la grande débâcle qu'a produit la retraite générale des eaux du grand Océan, a dirigé son cours du Nord au Midi dans cette partie de l'Europe, et que c'est dans cette direction, combinée avec celle que déterminaient les pentes des hautes montagnes, qu'il faut chercher l'origine des cailloux que l'on rencontre dans les plaines de la Suisse, lors au moins que cette direction n'est barrée par quelque haute montagne, dont la formation soit antérieure à celle de la débâcle.»

STUDER leitet die Sedimentgerölle von den nächstgelegenen Kalk- und Sandsteinketten der Alpen ab, sucht aber die Heimat der kristallinen Rollsteine zunächst im Schwarzwald und in den Vogesen (2, 161, 173). In der «Geologie der Schweiz» (9) hat STUDER diese Erklärung wieder aufgegeben. Seine Darlegungen sind kurz folgende: Wegen ihrer Grösse und massenhaften Anhäufung können die Gerölle der subalpinen Nagelfluh nicht aus der Ferne stammen. Die Steinarten, obgleich denjenigen von Schwarzwald und Vogesen näher verwandt als den Alpengesteinen, entsprechen doch einem anderen Typus. Die massenhaften Serpentine, Gabbros, grünen Schiefer, Spilite und Mandelsteine sind in den genannten Gebirgen nicht bekannt; man sucht vergebens, in denselben den Stammort der zahlreichen apfelgrünen Granite, identisch mit den Graniten des Juliers und Oberengadins, oder der roten Habkerngranite, die auch in der Nagelfluh als Gerölle vorkommen. Die Gruppe der grünen Granite, Serpentine, Gabbros, grünen und violetten Spilitgesteine, Mandelsteine und Variolite erinnert auffallend an die mannigfaltigen grünen Schiefer und Granite, die in Graubünden mit den Serpentin- und Gabbrogebirgen in Verbindung stehen.

Trotz dieser Erkenntnis vermutet STUDER die Heimat der Nagelfluhgesteine nicht in den Alpen selbst, sondern in einem versunkenen Alpenrandgebirge (vindelizisches Gebirge nach GÜMBEL).

Er schreibt diesbezüglich (9, 359—387):

«Auch hier müssen wir wohl, wie für die fremdartigen, im Flysch eingewickelten Blöcke, den Stammort in der Tiefe suchen, oder vielmehr in Gebirgsgruppen, die früher den Nordrand der Alpen, wie jetzt noch den Südrand, begleitet haben mögen und durch das später erfolgte Zusammenpressen und Überschieben der Kalkgebirge, oder durch ihre eigenen und in der Nagelfluh erhaltenen Trümmer bedeckt worden sind. Diese bildeten Hügel und Felsreihen aus buntem Granit, Porphyr, Serpentin und metamorphischen Schiefen, ähnlich etwa dem Hügelband, das von Lugano bis Ivrea den Südrand der Alpen begrenzt.»

A. ESCHER pflichtet diesen Vorstellungen bei, macht aber darauf aufmerksam, dass die Kalkgeschiebe der ostschweizerischen Nagelfluh aus dem Alpengebiet, das östlich und südöstlich dieser Nagelfluhregion gelegen sei, herstamme (5, 104/105; 6, 19/20).

Diese Hypothese übernahm auch GILLIÉRON (38, 407):

«Aucune hypothèse ne me paraît pouvoir expliquer ces faits, si ce n'est celle de M. STUDER, qui admet qu'à l'époque miocène il existait, au bord des Alpes, des collines et des falaises de rochers qui formaient le rivage du bassin où se sont déposés la molasse et le poudingue.»

GUTZWILLER sucht den Ursprung in südöstlicher Richtung in den Alpen und glaubt ohne Zweifel, dass eine genaue Vergleichung der kristallinen Gesteine des östlichen Teiles der Zentralalpen sowie der Ostalpen mit den kristallinen Gesteinen der Nagelfluh dasselbe Resultat liefern würden wie die sedimentären Geschiebe, d. h. die Herkunft aus dem SE der Alpen bestätigen würden (24, 13; 33, 32).

J. FRÜH, der das Abstammungsproblem der Nagelfluhgerölle in gründlichster Weise behandelt hat und auf Grund von eingehenden Terrainstudien die bestehenden Bildungshypothesen einer kritischen Prüfung unterzog, lehnt die Annahme eines kristallinen Randgebirges definitiv ab.

Er gibt dafür folgende Begründungen (48, 53, 129, 130/131):

«Das Facit der mühsamen Untersuchungen der wichtigsten kristallinen Felsarten ist insofern ein erfreuliches, als es zeigt, dass für einen grossen Theil derselben in unseren Alpen identische und für scheinbar exotische, zum mindesten sehr ähnliche anstehend gefunden werden in einem südöstlich vom Ablagerungsgebiet gelegenen Areal, von der Silvretta-Gruppe und Innerbüden zu den Ötztalalpen und dem westlichen Etschgebiet über Unterengadin, das südöstliche Graubünden, Oberengadin und Oberhalbstein sich erstreckend, dass wir vorläufig keine Veranlassung haben, zu Hypothesen zu greifen, sondern vielmehr berechtigt sind, der Hoffnung Raum zu geben, es müsste bei viel detaillierteren Kenntnissen der betreffenden wahrscheinlichen Stammgebiete und bei fortgesetzten Nagelfluhstudien und Erweiterung der Vergleichssammlungen mit noch grösserer Sicherheit ein alpiner Ursprung der kristallinen Felsarten konstatiert werden können.»

«Das Studium der sedimentären Gerölle zwingt zu einer südöstlichen und südlichen Ableitung derselben. Viele derselben lassen sich ganz bestimmt nur vom Engadin ableiten.

Die Gabbro, Diorite und Dioritporphyre verweisen auf das südöstliche Bünden. Für manche rothe Granite und Porphyre finden sich ganz ähnliche Gesteine in Westtirol und im Berninagebiet. Kann heute auch noch nicht der Stammort aller Gesteine mit rothem Feldspat angegeben werden, so ist dies kein Grund, an dem alpinen Ursprung derselben zu zweifeln. Wie viele eruptive Gänge mögen ganz erodiert oder durch andere Formationen und Schutt bedeckt sein.»

«Den Gesamteindruck, den ich durch das Studium unserer Nagelfluh hinsichtlich ihrer Entstehung erhalten, ist der, dass die rothen Granite und Porphyre mit anderen massigen Gesteinen grösstentheils von dem Eruptivgebiet Westtirol (Botzen), Engadin, Veltlin, bis Lago Maggiore abstammen dürften, ohne der Porphyre und Granite vergessen zu wollen, welche im innern Bünden und Berner Oberland und vielleicht noch andern Stellen entweder heute noch anstehend gefunden werden oder durch Moränenschutt diagnostiziert sind. Zum mindesten halte ich es für überflüssig, für die Erklärung der Provenienz einzelner krystallinischer Silikatgesteine der Nagelfluh zu Hypothesen von vormiocänen, nun versunkenen Vorbergen zu greifen, so lange es möglich ist, für einen grossen Theil jener Felsarten den Stammort in den Alpen zu erkennen, und für manche rothe Granite und Porphyre ähnliche bis identische Gesteine in vormiocänen, aber heute noch im Innern der Alpen anstehenden Gebirgsgliedern zu finden. Der in der ganzen Nagelfluh übereinstimmend erkannte Beweis einer vorherrschend südöstlichen und südlichen Strömung ergibt sich aus der früheren Hebung der Alpen östlich des Rheins und führt zur Annahme, es müssen die Gebiete zwischen Etsch, Inn und Adda einen hervorragenden Theil des granitischen Materials geliefert haben.»

1890 berichtet BALTZER in der Naturforschenden Gesellschaft Bern über die Herkunft der bernischen bunten Nagelfluh und nimmt Bezug auf die Sätze von FRÜH. Die Vergleichung der kristallinen Nagelfluhgerölle mit Geschieben von Botzen hat gezeigt, dass eine Identität nicht besteht. Er betont deshalb, dass die Schlüsse von FRÜH für die ostschweizerische Nagelfluh wohl Gültigkeit besitzen, für die Berner Nagelfluh dagegen zurückgewiesen werden müssen, da die Porphyrmassse von Südtirol einen Beitrag zu den massigen Gesteinen derselben nicht geliefert hätten. Der Autor schliesst mit der Bemerkung, dass, solange diese Ungewissheiten bestehen, auch die STUDERSche Hypothese vom nagelfluhliefernden, zerstörten Randgebirge noch nicht als abgetan betrachtet werden dürfe, und es erscheine überhaupt die Nagelfluhfrage, soweit sie das Aaregebiet angehe, noch nicht spruchreif (50, 91/92).

Angeregt durch diese Mitteilung wandte sich H. FREY der Untersuchung der Thunerseenagelfluh zu. Seine Arbeit, betitelt «Zur Heimatbestimmung der Nagelfluh», umfasst zahlreiche Beschreibungen der mikroskopischen Verhältnisse der kristallinen Gerölle, während die sedimentären Gesteine nicht berücksichtigt sind. Der Verfasser hat die Überzeugung, dass der Nagelfluh von Thun eine ganz lokale Ausbildung eigne. Über die Herkunft hat er kein entscheidendes Urteil, ist aber geneigt, dafür die Hypothese STUDERS herbeizuziehen (55, 20).

Gegenüber der Auffassung von FRÜH, wonach die Nagelfluhgerölle aus ihrer südlichen Heimat durch Flusstransport an ihre heutige Lagerstätte gelangt wären, was naturgemäss nur unter Annahme einer ehemals weit im S (Zone Veltlin-Lugano) gelegenen Wasserscheide zu verstehen wäre, wurde nun durch die Begründer der modernen Deckentheorie, SCHARDT, STEINMANN, SCHMIDT und besonders von LUGEON (73) gezeigt, dass ein guter Teil der Geschiebeverfrachtung auf das Konto der Schubdecken zu setzen ist, d. h., dass schon das Anstehende der Nagelfluhgesteine ein gutes Stück nach N gewandert ist, alsdann der Erosion anheim fiel und die Nagelfluh aufschüttete.

ROLLIER betrachtet die mächtige Flyschdecke samt ihren fremden (vindelizischen) Einschlüssen als Nährgebiet für Nagelfluh und Molasse (79, 169).

ARNOLD HEIM vermutet, dass die exotischen Granite der Nagelfluh, die den exotischen Flyschblöcken ähnlich sind, mit den letzteren die gleiche Heimat haben möchten. Bei der Erklärung der exotischen Blöcke im Flysch denkt er an deren Herkommen aus dem S, wobei sie auf Eisschollen von dort abgetrieben und im Flyschmeer abgesetzt worden seien (86, 413—424).

Nach einer für die Region von Thun aufgestellten Hypothese von BECK hätte eine primäre und eine sekundäre Habkerndecke (Wildflysch) die Taveyannazsandsteine, Ralligschichten und ebenso die Nagelfluh geliefert (177, 515/516).

Wieder eine neue Theorie der Nagelfluhbildung, die sich indessen an die Theorie STUDERS anlehnt, wurde von LUDWIG gegeben. Er schliesst aus der Grösse der roten Granite und Porphyre (gestützt auf Beobachtungen über die Geschiebeabnutzung, besonders der Puntegliasgranite im Rhein), dass dieselben höchstens 50 km weit gerollt worden seien. Den Transport durch Überschiebungsdecken zieht er nicht in Betracht, da er die Existenz derselben damals rundweg ablehnte.

In diesen Verhältnissen sieht LUDWIG den Beweis für die lokale Herkunft der Nagelfluh und deren Entstehung aus der Küstenbearbeitung durch die Meeresbrandung. Er ist überzeugt von der Wirklichkeit eines dem N-Rand der Alpen entlang verlaufenden, als Archipel dem Meere entragenden Stammgebirges mit fremdartigen Graniten und mit ostalpiner Sedimentfazies (98, 247).

ALB. HEIM spricht sich in Übereinstimmung mit den neuesten Autoren für die alpine Herkunft der Nagelfluh aus, und zwar ist nach ihm das Anstehende der Gesteinsarten, die sich als Gerölle vorfinden, im Wildflysch und in den romanischen und ostalpinen Decken zu suchen. Das spärliche Vorkommen der Gesteine aus den autochthonen Massiven und den helvetischen Decken ist unter der Annahme verständlich, dass zur Zeit der Abschwemmung der Nagelfluh dieser Regionen noch grösstenteils unabgedeckt in der Tiefe lagen.

Er macht darauf aufmerksam, dass die Vergleichung der kristallinen Nagelfluhgesteine mit dem Muttergestein in den Alpen dadurch erschwert werde, dass das letztere durch die erst später erfolgte Dislokationsmetamorphose umgewandelt wurde.

Seine Ausführungen fasst er in den Worten zusammen (149, 58):

«Was eine künftige Forschung uns noch für Aufklärung bringen mag, so viel ist sicher, dass die subalpine, tertiäre Nagelfluh der Schweiz aus den ursprünglich südlicheren Zonen der Alpen stammt und von dort zuerst durch Deckenschub, dann durch Abspülung hierher gelangt ist und am Alpenrande liegt, als der tertiäre Schutt der jungen, beginnenden Alpen, der schliesslich von ihrer Bewegung selbst noch mitergriffen worden ist und an welchem die letzte alpine Deckenbewegung strandete.»

In jüngster Zeit wurde durch BUESS (139), CORNELIUS (159, 160) und CADISCH (153) der alpine Ursprung der Nagelfluh nachgewiesen.

CORNELIUS findet in der Allgäuer Nagelfluh besonders Gesteine der oberostalpinen Decken, und CADISCH verlegt das Abstammungsgebiet der ostschweizerischen Nagelfluh mit guten Gründen in die stirnnahen Teile der penninischen, unter- und oberostalpinen Decken.

b) Über die Herkunft der Emmentaler Nagelfluh.

Die kristallinen Gesteine.

Aus der Geröllbeschreibung geht hervor, dass die Heimat verschiedener Gesteine bestimmt werden konnte.

Vor allem gilt dies für die grünen und grünroten Granite und Diorite, an deren Identität mit den Gesteinen der Albula und des Juliers nicht zu zweifeln ist, ferner für die stark- bis blassroten Granite und Pegmatite aus der Berninadecke und die roten Porphyre (besonders die Quarzporphyre), die von denjenigen von Lugano nicht zu unterscheiden sind.

Weniger charakteristisch sind die weissen Granite, die möglicherweise der Berninadecke entstammen könnten. Ein einziges Gerölle dieser Gruppe zeigte grösste Übereinstimmung mit einem Gasterngranit und könnte somit vom Aarmassiv herkommen.

Die Gabbros und Diabase und viele der metamorphen Gesteine gehören grösstenteils zur Gruppe der mesozoischen Ophiolithe.

Am indifferentesten verhalten sich die graugrünen Quarzporphyre, die Pegmatite und die Quarzite (gewöhnlich als penninische Untertrias bezeichnet), welche in allen möglichen Varietäten überall im kristallinen Gebirge vorkommen.

Ebenso lässt sich über die Herkunft der selten vorhandenen, grünlichen Gneise nichts Bestimmtes aussagen. Solche finden sich sowohl als Randfazies des Aaregranites als auch in den unterostalpinen Decken.

Endlich sei noch der «exotischen» Granite gedacht. Diese rot- und grüneckten, schönen Gesteine finden nirgends ein sicheres Äquivalent in den heutigen Alpen. Es liesse sich denken, dass ihr Anstehendes eine lokale Fazies irgendeiner Granitmasse gebildet hätte (z. B. Bernina), welche aber vollständig abgetragen worden ist. Die Zukunft wird lehren, ob es möglich ist, die Heimat dieser Gesteinsart aufzufinden.

Man darf nicht vergessen, dass die meisten der kristallinen Gerölle stets mehr oder weniger verwittert sind. Inwieweit diese Verwitterung das Aussehen der Gesteine verändert hat, lässt sich nicht entscheiden; doch soviel ist sicher, dass dieselbe zur Unkenntlichkeit vieler Gesteinstypen wesentlich beiträgt.

Die sedimentären Gesteine.

Obgleich in den meisten Fällen zu den bei den Geröllbeschreibungen gegebenen Herkunftsbestimmungen ein Fragezeichen zu setzen ist, so lässt sich doch entscheiden, dass wir es mit nichthelvetischen, meist ostalpinen (Austriden) und penninischen Gesteinen zu tun haben.

Lithologisch sind die Kalke und Sandsteine nicht näher charakterisiert, und auch die Mikroorganismen halfen den Bereich der Herkunftsmöglichkeiten nicht stark einengen. Man kann wohl sagen, dass vom Perm bis ins Tertiär alle Formationen vertreten sind. Zwischen dem ?Verrucano? und den Flyschsandsteinen findet sich eine grosse Anzahl von Kalken jurassischen und kretazischen Alters.

Die spongienführenden Kalke sind Lias oder Tertiär, und die oolithischen Kalke stammen möglicherweise zum Teil aus dem Hettangien der Klippendecke.

Auch bei diesen Gesteinen macht sich der Mangel an gut untersuchtem Vergleichsmaterial fühlbar.

Zusammenfassung.

Die petrographische Untersuchung und Vergleichung der eruptiven, aber auch der sedimentären Gesteine würde eine Arbeit für sich bedeuten. Es fehlt noch am nötigen Vergleichsmaterial. Immerhin lässt sich folgendes sagen:

1. Unter den kristallinen und metamorphen Gesteinen dominieren die massigen Typen. Gneise, kristalline Schiefer, Mylonite fehlen fast ganz. Die meisten Eruptiva, die sich einigermaßen bestimmen lassen, sind unterostalpine Massengesteine und Ophiolithe der ostalpin-penninischen Grenzregion oder der penninischen Zone.

2. Es fehlen vollständig: Arollagneise, Arkesine, penninische Gneise überhaupt; ferner Glaucophan-gesteine, Schistes lustrés und Taveyannazsandsteine. Die von SAUSSURE und STUDER erwähnten Variolithe treten jedenfalls stark zurück.

3. Die reichlich vorhandenen Quarzite werden, allerdings ohne direkten Beweis, als Untertrias (-Perm) der penninischen Zone angesehen. Es fällt aber auf, dass andere penninische Gesteine, namentlich Kristallin (ausser Ophiolithen), fehlen.

4. Unter den Kalken sind Gesteine vorhanden, die der Urgonfazies der helvetischen Unterkreide ähnlich, aber nicht damit identisch sind.

5. Dolomite sind selten.

6. Die gelben Sandsteine sind wahrscheinlich alle tertiär.

7. Unzweideutig helvetische Gesteine (Seewerkalk, Urgon, Eisenoolith, Taveyannazsandstein) fehlen. Ebenso Karbonkonglomerate und metamorphes Mesozoikum; es fehlen ferner die Ölquarzite, Breccien des Wildflysches, Habkerngranite.

Diese Zusammensetzung spricht, was Eruptivgesteine und Quarzite anbelangt, für die Möglichkeit eines weiten Transportes und einer Zerreibung aller weicheren Gesteine aus entfernter Heimat. Für die gelben Sandsteine und Kalke kommt eine näher gelegene Heimat in Frage.

Für Abstammung der Nagelfluh aus dem Wildflysch liessen sich keine Anzeichen finden.

Spätere Nachforschungen werden vielleicht mehr Licht in diese Sache bringen und die Frage nach der Provenienz präziser zu beantworten vermögen.

4. Prozentuale Häufigkeit der am Aufbau der Nagelfluh beteiligten Gesteinsarten.

Bei meinen Begehungen der Nagelfluhgebiete wurde mir bald klar, dass die Häufigkeit der kristallinen Gerölle in der Literatur bedeutend überschätzt wurde. Dies kann man aus verschiedenen

Gründen verstehen. Eine erste Fehlerquelle ist wohl in der Buntfärbung der kristallinen Gesteinsarten zu suchen. Die roten, grünen und weissen Granite und Quarzite, die grünen Diorite, schwarzgrünen und lauchgrünen Gabbros, Serpentine und Diabase fallen dem Auge sofort auf, während die diskret gefärbten, meist grauen Sedimentgerölle leichter übersehen werden. Sodann stellt die Geröllgrösse einen Faktor dar, der die tatsächlichen Häufigkeitsverhältnisse beträchtlich entstellen kann. In der Regel bilden die Quarzite und kristallinen Gesteine die grössten Gerölle; die Kalke, Sandsteine usw. bleiben dagegen an Grösse im allgemeinen hinter diesen zurück. Diese haselnussgrossen Steinchen, welche oft in ansehnlicher Zahl die Räume zwischen den grösseren Rollsteinen erfüllen, werden in ihrer Quantität gewöhnlich unterschätzt.

Um nun von diesen, mehr oder weniger allen blossen Schätzungen anhaftenden Beobachtungsfehlern frei zu werden, wurde ein anderer Weg gewählt, der gestattete, die relative Häufigkeit der hauptsächlichsten Geröllarten in einen zahlenmässigen Ausdruck zu fassen. Dabei ging ich folgendermassen vor: Ich zählte an einer geeigneten Stelle 700 bis 1000 Gerölle aus, eine Anzahl, von welcher anzunehmen war, dass alle Gesteinstypen dieser Lokalität darin vertreten seien. Von der Richtigkeit dieser Annahme suchte ich mich zu überzeugen, indem ich die Umgebung der Auszählstelle nach Gesteinen absuchte, welche in der Sammlung möglicherweise noch nicht vorhanden waren. Das negative Ergebnis dieser Kontrolle liess dann den Schluss zu, dass durch die ausgezählten Gerölle die Zusammensetzung der Lokalität repräsentiert sei. Beim Auszählen wurden alle Gerölle berücksichtigt, sowohl die kleinen als die grossen; wenn möglich, wählte ich dazu herabgestürzte Blöcke am Fusse von Nagelfluhabrissen, welche am meisten Aussicht boten für die richtige Bestimmung der Zusammensetzung. Denn dabei wird ein räumlicher Mittelwert erzielt, während bei der Abzählung der Gerölle einer Nagelfluhwand nur ein Wert resultieren würde, der dem Geröllbestand einer Fläche entspräche. Eine Fläche ist aber immer räumlich orientiert, und jeder bestimmten Lage würde theoretisch eine ganz bestimmte Geröllbesetzung zukommen. So würde z. B. eine horizontale Ebene nicht die gleiche Geröllverteilung aufweisen wie eine vertikale, vorausgesetzt, dass die Gerölle im Raum nicht homogen und isotrop gelagert sind. Im allgemeinen wird zwar diese richtungslose Lagerung in der Nagelfluh innerhalb gewisser Grenzen angenähert erreicht sein, da die absolute Anzahl der Gerölle in bezug auf die Mannigfaltigkeit der verschiedenen Gesteinstypen unendlich gross ist. Daraus folgt, dass auch eine flächenhafte Abzählung der Gerölle ein richtiges Bild von deren relativer Häufigkeit geben könnte. Unter gewissen Umständen müssten sich aber bei einer derartigen zweidimensionalen Untersuchung nicht unerhebliche Fehler einstellen. Nur die Betrachtung eines Ebenenbündels, d. h. der Gesamtheit der im Raume möglichen Ebenen, kann der Forderung eines Mittelwertes genügen. Wenn wir nun einen ganzen Block oder noch besser mehrere Blöcke nach ihrem Geröllbestand untersuchten, so sind diese Bedingungen erfüllt.

Derartige Auszählungen nahm ich in meinem Untersuchungsgebiet an 26 Orten vor. Die Geröllarten wurden in die, in Abschnitt 2 a der Nagelfluhuntersuchungen genannten 8 Gruppen zusammengefasst und auf Prozente umgerechnet.

Die Lokalitäten wurden so gewählt, dass sie für jede Stufe in horizontaler wie in vertikaler Richtung möglichst günstig verteilt sind. Ausserdem entfallen auf das Burdigalien, Helvétien und Tortonien ungefähr gleich viele Zählungen.

Die Ergebnisse wurden tabellarisch zusammengestellt (Tafel III). Auf Grund dieser Werte haben wir zu prüfen: 1. die Veränderung der Häufigkeit der einzelnen Geröllgruppen in vertikaler Richtung, d. h. durch die ganze Molasse hindurch, von den ältesten (Burdigalien) bis zu den jüngsten (Tortonien) Nagelfluhablagerungen, und 2. die Häufigkeitsveränderungen in seitlicher Richtung innerhalb jeder Molassestufe.

a) Die Häufigkeitsänderungen der hauptsächlichsten Nagelfluhgerölle vom Burdigalien bis zum Tortonien.

Am übersichtlichsten werden die Verhältnisse, wenn man sie graphisch darstellt. In einem rechtwinkligen Koordinatensystem wurde auf der Abszisse, von links nach rechts fortschreitend, das geologische Alter, auf den Ordinaten die prozentuale Häufigkeit aufgetragen (Tafel IV). Die mit römischen Ziffern bezeichneten Abszissenpunkte sind die in der Tabelle benannten Auszählungsorte. Dieselben

sind von links nach rechts chronologisch gruppiert, so dass die Analysen mit niedrigen Nummern die geologisch älteren, die mit höheren Nummern die geologisch jüngeren Vorkommen bezeichnen. I fällt ins unterste Burdigalien, XXVI ins mittlere Torton. Die Verschiedenheit des prozentualen Anteils innerhalb ein und derselben Stufe bedingt den zackigen Verlauf der Kurve. Um die Häufigkeitsverschiebungen durch alle 3 Stufen zu beurteilen, hat man sich die Kurve ausgeglichen zu denken, so dass die lokalen Schwankungen eliminiert sind und nur die grossen Verschiedenheiten in einem kontinuierlich sich ändernden Verlauf zum Ausdruck kommen.

Für jede Gesteinsgruppe ergab sich dadurch ein Diagramm. Bei der Betrachtung derselben lässt sich folgendes konstatieren:

1. Die roten Granite haben die Hauptverbreitung im Burdigalien (maximal 8 %). Im Helvétien und Tortonien werden sie seltener (maximal 6 % im Helvétien, 5 % im Tortonien).
2. Die grünen Granite verhalten sich ebenso (maximal 12 % im Burdigalien, 4 % im Helvétien, 3 % im Tortonien).
3. Das übrige Kristallin ist im Helvétien am stärksten entwickelt. Es bildet einen hohen Prozentsatz aller Gerölle (bis 45 %).
4. Die Quarzite sind in allen Stufen ungefähr gleich verbreitet. Im Burdigalien unterliegen sie den stärksten örtlichen Schwankungen, am konstantesten bleibt ihr Wert im Torton. Diese Gesteinsart erreicht die grösste Häufigkeit (bis 48 %).
5. Die gelben Sandsteine sind in allen Stufen vertreten, nehmen aber vom Burdigalien bis zum Tortonien merklich zu (maximal 2 % im Burdigalien, 3 % im Helvétien, 7 % im Tortonien).
6. Die übrigen Sandsteine nehmen vom Burdigalien zum Tortonien ab (maximal 21 % im Burdigalien, 17 % im Helvétien, 10 % im Tortonien).
7. Die Kalke und Dolomite zeigen eine ziemlich rasche Häufigkeitszunahme vom Burdigalien zum Tortonien. In der letztgenannten Stufe stellen sie neben den Quarziten die meistverbreitete Geröllart dar (maximal 39 %).

Die Hauptpunkte dieser Untersuchungen kann man in die nachstehenden Sätze fassen:

Die Nagelfluh des Emmentals ist eine polygene (bunte) Bildung.

Die roten und grünen Granite sind viel seltener, als bisher angenommen wurde, und in quantitativem Sinn für den Aufbau der Nagelfluh von untergeordneter Bedeutung.

Die Kalke und Dolomite stehen bezüglich der Häufigkeit den kristallinen Geröllen nicht nach.

Die gelben Sandsteine (Nr. 39 und 40 der Geröllbeschreibung), die Rutsch als Flyschsandkalke der Sädelnagelfluh in den obersten Teil der Belpbergschichten rangiert, werden schon im Burdigalien angetroffen, nehmen aber in den höheren Stufen zu und gelangen im Tortonien zur grössten Entwicklung.

Im Anschluss an diese Ausführungen muss noch gesagt werden, dass auch in der Emmentaler Nagelfluh Stellen anzutreffen sind, welche in ihrer Zusammensetzung total vom allgemeinen Charakter abweichen. Diese aussergewöhnlichen Verhältnisse sind aber immer auf unbedeutende Einlagerungen beschränkt, die nur wenig mächtig sind und nach kurzer Erstreckung wieder auskeilen.

Im Finsterbach, der bei Dieboldswil in die Emme mündet, begegnet man auf Höhe 870 einer Nagelfluh, in der die Quarzite stark überwiegen und welche man als Quarzitnagelfluh bezeichnen könnte.

Eine andere Eigentümlichkeit konnte man im Herbst 1926 bei Ramsei (links der Emme, westlich von Äschau) beobachten. Hier wurde durch die Arbeiten der Berner Wasserversorgung am Fusse des E-Abhanges des Muttenplateaus ein Graben ausgehoben, der Kalknagelfluh aufschloss. Diese bildet eine 80 cm dicke Schicht, welche fast nur aus Kalkgeröllen besteht. Nach N hin keilt sie in der bunten Nagelfluh aus, durch welche sie unten und oben begrenzt ist. Ab und zu finden sich in der Kalknagelfluh verkohlte Holzresten; auch eine zerbrochene *Helix* konnte ich daselbst auffinden.

b) Häufigkeitsänderungen in seitlicher Richtung.

Der Versuch, den Wechsel des Geröllbestandes in der horizontalen Ausdehnung der einzelnen Molassestufen zu untersuchen, stösst auf grosse Schwierigkeiten. Es ist nicht möglich, ein und dieselbe Nagelfluhschicht durch das ganze Gebiet zu verfolgen und die Zusammensetzung derselben an verschiedenen Orten zu prüfen. Man kann nur feststellen, ob man sich im unteren, mittleren oder oberen Teil der Nagelfluhmasse einer Stufe befindet. Die vorgenommenen Auszählungen gehören nie in den genau gleichen Horizont, sondern entfallen auf verschiedene Niveaus. Infolgedessen muss in den Auszählungsergebnissen auch die vertikale Verschiedenheit hineinspielen. Dieser Umstand lehrt, dass den diesbezüglichen Feststellungen keine zu grosse Genauigkeit beigemessen werden darf.

Bei meinen Darstellungen (Tafel V) bin ich von folgender Überlegung ausgegangen: Die mit römischen Ziffern numerierten Kreuze (+) stellen die Auszählungsorte dar. Die Prozentzahlen einer Gesteinsgruppe kann man sich an diesen Orten als Strecken denken, welche zur Zeichnungsebene senkrecht stehen und deren Längen (unter Zugrundelegung einer beliebig gewählten Einheit) zueinander im Verhältnis der Prozentzahlen stehen. Je drei Endpunkte dieser Strecken (Raumordinaten) bestimmen eine Ebene, welche im Raume irgendwie geneigt ist. Die Richtung und Grösse der Neigung entsprechen der Häufigkeitsänderung innerhalb des durch das Flächendreieck begrenzten Gebietsabschnittes. Die Fallrichtung dieser Ebene (das ist die Gerade, welche zur einzigmöglichen Horizontalen der Ebene senkrecht steht und mit der Horizontalebene den grösstmöglichen Winkel bildet) repräsentiert den Verlauf der maximalen Häufigkeitsabnahme im Bereich des Dreiecks. Konstruiert man für alle jeweiligen benachbarten Punkte (Auszählungsorte) solche Dreiecke, so erhält man viele Fallrichtungen (Richtungen maximaler Häufigkeitsabnahme), deren Projektionen auf der Horizontalebene im allgemeinen mehr oder weniger verschieden verlaufen werden. Diese Richtungsverschiedenheit entspricht den lokalen Häufigkeitsschwankungen. Dabei ist keine Richtung vor der andern bevorzugt, einer jeden kommt die gleiche Wahrscheinlichkeit zu. Um den Verlauf der maximalen Häufigkeitsabnahme für je eine Stufe zu bestimmen, muss man die einzelnen Fallrichtungen geometrisch addieren, und die Resultante gibt uns den gesuchten Verlauf.

Ich habe diese Konstruktion für die Quarzite, kristallinen Gerölle, und ferner für Kalke + Dolomite durchgeführt (Tafel V).

In dieser Darstellung sind die mit Pfeilen versehenen Geraden die Richtungen der maximalen Häufigkeitsabnahme. Es sind freie Vektoren; nur die Richtung kommt in Betracht, die Länge der Strecken hat dabei keine Bedeutung. Ebenso wurden die Richtungsgeraden im Bezirk der einzelnen Stufen beliebig eingezeichnet, sie besitzen also nicht die geringste geographische Bedeutung, sondern besagen nur: Im Burdigalien oder Helvétien oder Tortonien erfolgt die stärkste Häufigkeitsabnahme der Quarzite oder kristallinen Gerölle oder Kalke + Dolomite in der durch diese Geraden bestimmten Richtung. Innerhalb jeder Molassestufe kann man sich die Strecken parallel verschiebbar vorstellen. Die kräftigen, gestrichelten Geraden bedeuten die maximale Abnahme unter Berücksichtigung der gesamten Nagelfluhmasse vom Burdigalien bis zum Tortonien.

Über die Art des Häufigkeitsabfalls, d. h. über die Form der Abfallkurven, ist in der Darstellung nichts ersichtlich. Dieselben können steil oder langsam, linear, konvex oder konkav abfallen oder verschiedene Formen kombiniert enthalten. Nur eine Bedingung müssen dieselben erfüllen: Wenn man alle Kurven der in der Auszählung unterschiedenen Gesteinsgruppen auf eine gemeinsame Ebene projizieren würde, so müsste die Summe der Ordinaten dieser Kurven längs ihrer ganzen Erstreckung stets die Zahl 100 ergeben, da die Kurven eine Funktion der prozentualen Häufigkeit sind.

In der Darstellung (Tafel V) wurde die grösste Häufigkeitsabnahme nur für drei Gesteinsgruppen ermittelt. Da die Quarzite und kristallinen Gerölle für die gesamte Nagelfluh fast einen parallelen und gleichgerichteten Abfall zeigen, ist anzunehmen, dass die übrigen Gesteine (rote und grüne Granite, gelbe und andere Sandsteine) Abfallrichtungen ergeben würden, die diesem entgegengesetzt verlaufen würden. Dadurch würde der oben zitierten Forderung Genüge getan.

Wenn wir die Zeichnung betrachten, so fällt auf, dass im Verlauf der Geraden zwei Richtungen vorherrschen, eine nordsüdliche und eine nordost-südwestliche. Nur die Linie für die Kalke und Dolomite des Tortons fällt stark aus dieser Regel heraus, denn sie läuft von E nach W.

Da wir in der Nagelfluh die Ablagerungen grosser Flüsse vor uns haben, und weil in einem Schuttfächer das Kompositum der Geschiebe in der Richtung des Flusslaufes am stärksten wechselt, könnte man versuchen, aus dem Häufigkeitsabfall auf die Strömungsrichtung der Gewässer zu schliessen, welche die Nagelfluh geliefert haben.

Wir sehen, dass die Abfallsrichtung der gleichen Gesteinsart in den verschiedenen Molassestufen nicht immer gleichsinnig gerichtet ist; es wäre aber falsch, zur Erklärung dieser Erscheinung stets anders gerichtete Flussläufe anzunehmen. Es ist im Gegenteil viel wahrscheinlicher, dass der Lauf der Nagelfluhlieferanten während langer Zeit derselbe blieb. Doch gibt es viele Faktoren, welche imstande gewesen wären, diese reversiblen Verhältnisse in den Richtungen der maximalen Häufigkeitsänderungen zu schaffen. Solche sind die diskontinuierliche Senkung des Molassetroges und die damit verbundenen Gefällsveränderungen der Flüsse, ferner die wechselnde Wassermenge und Wassergeschwindigkeit, das spezifische Gewicht der Geschiebe und deren Festigkeit resp. Zerreibungswiderstand.

Mit allem Vorbehalt kann man auf Grund der Konstruktionsergebnisse die Vermutung aussprechen, dass die Flüsse oder Ströme, die den Nagelfluhdetritus mit sich führten, von Süden oder Südwesten hergekommen sind.

Ob die Kalke und Dolomite in der oberen Süsswassermolasse von einem anderen Flusssystem herkommen und ob die grösste Verbreitung dieser Gesteinsart in der betreffenden Stufe damit in Zusammenhang steht, lässt sich nicht entscheiden.

5. Lagerung, Form und Grösse der Gerölle; Eindrücke und Umformungen.

a) Dachziegelartige Lagerung der flachen Geschiebe.

Diese charakteristische Lagerung, aus welcher sich der Lauf der Flüsse eruieren lässt, konnte ich in der Nagelfluh nirgends so ausgeprägt beobachten, dass ich etwas Zuverlässiges daraus hätte folgern können. Wohl ist eine dachziegelartige Lagerungsform an verschiedenen Orten angedeutet, aber dann gibt es immer wieder viele Geschiebe, welche sich zu dieser Ordnung entgegengesetzt verhalten. Die Lagerung ist wirr und ungesetzmässig. Die Fliessrichtung in den Stromläufen und Deltaarmen muss bei den häufigen Bodenbewegungen stark variiert haben.

In dieser Beziehung scheint J. F. KAUFMANN mehr Glück gehabt zu haben. Er schreibt (40, 456):

«Die Lage der Rollsteine beim Rebloch ist meist sehr unordentlich; einzelne fusslange, gestreckte Steine stehen sogar auf dem Kopf. Eine bedeutende Zahl der länglichen Steine zeigt westliches bis südwestliches Einfallen von durchschnittlich 20—30°, während östliches Einfallen selten bemerkt wurde. Am Strässchen zwischen Schopf und Schönenwald, wo die Nagelfluh 6 m weit ausragt, haben alle flacheren Gerölle ein westliches bis südwestliches Einfallen von 10—20° und mehr.»

Dadurch wäre eine von SW erfolgte Strömung angedeutet, was mit obigem übereinstimmen würde.

b) Form und Grösse der Gerölle.

Alle Gerölle der Emmentalernagelfluh sind gut gerundet. Kantige Steine finden sich nie. Dies deutet auf einen weiten Transport. Die Form ist sehr mannigfaltig, meist ellipsoidisch, eiförmig und länglich oder flach, seltener kugelig. Die grössten Gerölle bilden die Quarzite und kristallinen Gesteine (darunter auch die roten Granite), doch können auch die Kalke grössere Dimensionen erreichen. Über kopfgrosse Rollsteine finden sich selten. Die mittlere Grösse an den verschiedenen Stellen des Gebietes ist in der Tabelle (Tafel III) angeführt. Sie schwankt zwischen Faust- und Baumnussgrösse.

Eine auffallende Erscheinung bilden die grossen, gelben Sandsteine (Flyschsandkalke in der Sädel-nagelfluh des Belpbergs nach RUTSCH), die sich im oberen Teil des Finsterbaches (bei Dieboldswil) einstellen. Sie sind nicht häufig, dafür aber von aussergewöhnlicher Grösse. Auf Höhe 870 gibt es solche von $4 \times 3 \times 2$ dm Ausmass, und in 1000 m Höhe beobachtete ich sogar Stücke von $5 \times 4 \times 1,5$ dm Grösse. Die Nagelfluh, in welcher sie eingebettet sind, weist viel kleinere Gerölle auf.

Die grössten Gerölle im Gebiet zwischen Emme und Ilfis trifft man im Rebloch bei Schangnau und an der Emme südlich von Eggiwil. Diese Tatsache ist am meisten geeignet, die Annahme einer südwestlichen Herkunft der Nagelfluh zu bekräftigen.

c) Bindemittel.

Die Zwischenräume der Gerölle sind erfüllt mit kleinen und kleinsten Teilchen der gleichen Gesteinsarten, welche die Nagelfluhgerölle bilden. Bruchstücke und Splitterchen von kristallinen Gesteinen, Kalken und Sandsteinen setzen sich zu einer sandigen Masse zusammen, welche alle Hohlräume ausfüllt. Es ist das Zerreibsel der Gerölle. Dieses wird hauptsächlich durch Kalk gebunden, und dadurch entsteht die meist starke Verkittung. In der oben erwähnten Quarzitnagelfluh des Finsterbaches und untergeordnet auch an anderen Stellen besteht das Bindemittel aus Kieselsäure. Die Verfestigung ist oft so stark, dass man Mühe hat, die einzelnen Gerölle aus dem Verband herauszuschlagen. Nur im verwitterten Zustand wird die Nagelfluh locker und zerfällt dann leicht. Meistens berühren sich die Gerölle, oft greifen sie in «Eindrücken» ineinander. Erst wo die Nagelfluh mehr und mehr durch Sandsteine oder Mergel abgelöst wird, folgen Schichten mit getrennten und vereinzelter Geröllen in diesen feinklastischen Gesteinen.

d) Besondere Erscheinungen an den Nagelfluhgeröllen.

Diagenetische Glättung.

Während der Diagenese sinterte die Nagelfluh infolge der Verfestigung des Bindemittels (Volumenverlust) zusammen. Dadurch entstanden relative Bewegungen, die die Gerölle gegeneinander verschoben und infolgedessen an deren Berührungsstelle eine Gleitpolitur erzeugen konnten. Dabei brauchten diese Bewegungen nur einige Millimeter zu betragen, um unter dem Belastungsdruck feine, glänzende Rutschflächen hervorzubringen.

Solche Gerölle sind in den steilgestellten Nagelfluhschichten des untersten Burdigaliens nicht selten. Ich beobachtete sie besonders im Buchschachengraben (Oberlauf des Meisenbachs, Schärli).

Dislokationsumformung.

Sehr spärlich sind Gerölle, welche durch starken Druck zerbrochen wurden und deren Hälften in gegenseitiger Verschiebung später durch Kalzit oder Quarz wieder zusammengekittet worden sind.

Eindrücke.

Kalkgerölle mit kleineren oder grösseren Eindrücken, die mit einer dünnen, tonigen, meist roten, eisenschüssigen Haut ausgekleidet sind, werden überall angetroffen.

Aber auch in Sandsteinen und kristallinen Geröllen, ja, sogar in Quarziten konnte ich, wenn auch selten, Eindrücke beobachten. Diese sind allerdings viel undeutlicher als bei den löslichen Gesteinen.

Das Vorkommen der eingedrückten Gerölle ist unabhängig von der tektonischen Beanspruchung der Nagelfluhmassen. Sie sind in den horizontalen Schichten ebenso zahlreich wie in den steilgestellten. Zur Bildung der Eindrücke genügt der Druck der Überlagerung vollkommen, ohne dass er durch eine dynamische Einwirkung verstärkt werden müsste.

V. Sandstein- und Mergeluntersuchungen.

Für die Sandsteine des oberen Emmentals liegen keine petrographischen Untersuchungen vor, da sich in dieser Region nirgends Gesteine finden, welche sich zu Bauzwecken verwenden liessen. Der granitische Sandstein ist zu locker, und die Luzernerschichten, die an vielen Stellen der Zentral- und Ostschweiz abgebaut werden, bilden in unserem Gebiet nur dünne Schichten. In den mächtigeren Bänken gibt es immer mergelige Zwischenlagen.

Um mich über die Natur der hauptsächlichsten Sandstein- und Mergelvarietäten zu orientieren, wurde eine Anzahl Proben näher untersucht. Zwar erstrecken sich diese Untersuchungen nur auf den Karbonatgehalt, den Körnerbestand und auf die Korngrösse. Die letztere wurde durch Schlämmung bestimmt. Die Ausführung derselben soll kurz besprochen werden.

1. Die Schlämmanalyse nach J. Kopecky.

Diese Methode beruht auf dem Prinzip der Spülmethode und ermöglicht die Trennung der verschiedenen Korngrösse-Fractionen in einer einzigen Operation nebeneinander.

Die Spülmethode erreichen die Trennung der Körner von verschiedener Grösse dadurch, dass in einer vertikalen Röhre, welche die Aufschlammung enthält, ein Wasserstrom von bestimmter, genau gemessener Geschwindigkeit von unten nach oben erzeugt wird. Bei kleiner Geschwindigkeit des aufwärtssteigenden Wassers werden nur feinere Körner mitgeführt und aus der Röhre herausgeschlämmt, während die gröberen Teilchen in der Röhre zurückbleiben.

Die Grösse der zurückbleibenden Körner lässt sich bei bekannter Wassergeschwindigkeit berechnen. Nach der Formel von STOKES besteht in einer Aufschlammung zwischen der Geschwindigkeit des Dispersionsmittels (in unserem Falle Wasser) und der Grösse der kugelförmig gedachten Teilchen (disperse Phase) folgende Beziehung:

$$v = \frac{2 g \cdot r^2 (D - D_0)}{9 n}$$

Dabei bedeuten:

- v = gleichförmige Geschwindigkeit des bewegten Teilchens in cm/sek^{-1} ;
- g = bewegende Kraft in g/cm/sek^{-2} , also Dyn ;
- r = Radius des Teilchens in Zentimetern;
- D = Dichte der dispersen Phase, also der Gesteinsteilchen;
- D_0 = Dichte des Dispersionsmittels, also des Wassers;
- n = innere Reibung des Dispersionsmittels in absoluten Einheiten.

Da die Teilchen nicht immer kugelförmig sind, kann man den Zusammenhang zwischen Fallgeschwindigkeit und wirklichem Durchmesser aus dieser Formel nicht in jedem Falle bestimmen. Man rechnet bei nichtkugelförmigen Teilchen aber so, als ob die Teilchen kugelförmig wären, und nennt den so errechneten Radius den Äquivalentradius.

Beim Apparat von J. KOPECKY wird eine einzige Zuflussgeschwindigkeit eingestellt (1 Liter Wasser in 202 Sekunden), und die verschiedenen Wassergeschwindigkeiten werden in den Zylindern durch verschiedene Zylinderdurchmesser erreicht. Es sind drei Zylinder hintereinander geschaltet. Der engste Zylinder hat einen Durchmesser von 30 mm, der mittlere einen Durchmesser von 56 mm, und der weiteste misst 178 mm. Mittels dieser drei Zylinder kann man drei Fraktionen trennen und eine vierte herauspülen. Im engsten Zylinder, mit der grössten Wassergeschwindigkeit, bleibt der Sand (2—0,1 mm Äquivalentdurchmesser) zurück, im mittleren der Staubsand (0,1—0,05 mm Äquivalentdurchmesser) und im weitesten Zylinder mit der kleinsten Wassergeschwindigkeit der Staub (0,05—0,01 mm Äquivalentdurchmesser). Durch die Abflussöffnung werden die abschlämbaren Teilchen (unter 0,01 mm Äquivalentdurchmesser) fortgespült, die nicht aufgefangen werden (179).

Um schlämbaren Sand zu erhalten, muss man den Sandstein zuerst in Salzsäure auflösen, damit er in seine Gemengteile zerfällt. Es ist darauf zu achten, dass möglichst frisches Material vorliegt. Das karbonatische Bindemittel geht in lösliche Chloride über, welche durch Filtration ausgespült werden.

Die Gewichts-differenz zwischen dem getrockneten Sandstein und dem nach dessen Auflösung entstehenden, gewaschenen und getrockneten Sand ergibt den Karbonatgehalt. Dieser wird auf Prozente des Sandsteins umgerechnet.

Der Filtrückstand muss gut ausgewaschen werden, damit er vollständig säure- und salzfrei wird, d. h. keine Elektrolyte enthält. Denn die Elektrolyte können in der Aufschlämzung, d. h. im Solzustand, zu Koagulationen, Flockungen und Pektisationen führen. Diese dispersitätsverkleinernden Wirkungen der Elektrolyte sind primär durch elektrische Erscheinungen begründet. Die disperse Phase ist elektrisch geladen und zwar in den meisten Fällen negativ. Setzt man nun einen Elektrolyten zu einem Dispersoid mit negativen Teilchen, so kommen mit den Ionen elektrische Ladungen in das System; sind die Ladungen positiv, so neutralisieren sie die negativen der dispersen Teilchen, und damit werden diese elektrisch indifferent. Da die Teilchen in der Aufschlämzung in mehr oder minder starker Bewegung (Brownsche Molekularbewegung) sind, wird eine bestimmte Anzahl bei Annäherung, verursacht durch die Bewegung, in die gegenseitige Anziehungssphäre hineingelangen; die Einzelteilchen stossen sich aber nicht mehr ab wie vor der Koagulation, als sie gleichnamig elektrisch waren, sondern adhäreren aneinander, sie ballen und flocken zusammen. Die Schwerkraft macht sich gemäss der grösseren Masse der Agglomerate so geltend, dass innerhalb kurzer Zeiten Trennung von disperser Phase und Dispersionsmittel eintritt (180).

Von dem reinen Sand bringt man 50 g in den Apparat und schlämmt nun durch, bis sich die vollständige Fraktionierung eingestellt hat, was für die Sandsteine und Mergel der Molasse gewöhnlich nach 3—4 Stunden erreicht ist. Die in den drei Gefässen abgesetzten Fraktionen werden gewogen und die vierte Fraktion, d. h. der abgespülte Schlammgehalt, aus der Differenz bestimmt, welche sich aus der Summe der drei Fraktionen und den ursprünglichen 50 g ergibt. Die resultierenden Gewichtszahlen werden in Prozente umgerechnet.

Auf diese Art wurden aus dem Aquitan, Burdigalien und Tortonien insgesamt 25 Sandstein- und Mergelproben analysiert. Die Resultate sind in Tafel VI graphisch dargestellt. Die Diagramme geben ein anschauliches Bild von dem Verhältnis der verschiedenen Korngrössen.

2. Korngrösse: Besprechung der Schlämmdiagramme.

Aus dem Verlauf der Kurven geht der Unterschied zwischen Sandsteinen und Mergeln sehr deutlich hervor. Ausserdem ist ersichtlich, dass die Korngrösse innerhalb dieser Gesteinstypen sehr variabel ist, dass vom groben Sandstein bis zum feinen Mergel viele Übergänge bestehen.

Die Mannigfaltigkeit der Gesteinsarten, der häufige Wechsel zwischen grob- und feinklastischen Bildungen innerhalb der einzelnen Molassestufen kommt mit grösster Prägnanz zum Ausdruck. Sowohl im Aquitan wie im Burdigalien und Tortonien sind vielfältige Variationen vorhanden. Nur die Gesteine von der gleichen Lokalität zeigen einen annähernd parallelen Verlauf der Korngrösse-Kurven, so dass man sie auf Grund der Schlämmdiagramme identifizieren kann. Dagegen sind die Kurven der Gesteine verschiedener Lokalitäten ein und derselben Molassestufe meist different.

Diese Tatsache zeigt, dass es unzulässig ist, in einem Terrain, dessen Ablagerungen so starkem lithologischem Wechsel unterliegen, aus den Schlämmdiagrammen stratigraphische Schlüsse zu ziehen.

Dies kann nur in faziell einheitlichen Gebieten erlaubt sein, wo der lithologische Charakter der Sedimente auf weite Strecken hin konstant bleibt. Für solche Gebiete ist an der Nützlichkeit der Schlämmanalysen für die stratigraphischen Untersuchungen, besonders wenn dieselben durch Fossillosigkeit erschwert sind, nicht zu zweifeln. Die Methode wurde zu diesem Zwecke auch schon verwendet, angeblich mit grossem Erfolg (181).

3. Karbonatgehalt.

Wie in der Korngrösse, so herrscht auch im Karbonatgehalt grösste Verschiedenheit. So gibt es z. B. Mergel mit 47 % Kalk, aber auch sehr kalkarme Typen. Im Aquitan finden sich sogar rote und

grüne Tone, deren Kalkanteil nur 2—3 % beträgt. Der Karbonatgehalt der analysierten Gesteine ist in der Tabelle (Tafel VI) verzeichnet.

Irgendeine Gesetzmässigkeit zwischen Karbonatgehalt und stratigraphischer Zugehörigkeit der Gesteine lässt sich nicht herausfinden. Auch in dieser Beziehung ist nichts beständig als der Wechsel.

4. Mineralbestand.

Zur Feststellung der Mineralien, die die Sandsteine und Mergel unseres Untersuchungsgebietes zusammensetzen, wurde eine kleine Probe der Sandkörner in Kanadabalsam eingebettet und mikroskopisch untersucht.

Dabei ergab sich, dass fast alle Körner unregelmässig begrenzt sind. Meist sind sie eckig, bald scharfkantig, bald kantengerundet, aber selten rund. Zahlreich sind auch Kristalle mit schöner, idiomorpher Begrenzung. Zu diesen gehört vor allem der Zirkon, der schöne Nadelchen und Säulchen bildet. Aus diesem geht hervor, dass der Sandstein- und Mergeldetritus nicht weit transportiert worden ist, sonst müsste die Abrollung auffallender sein. In Schweben werden sich die Körner nicht befunden haben. Zwangslos lassen sich diese Erscheinungen erklären, wenn man sich die Körner in der Nähe des Ablagerungsareals entstanden denkt, als das Abnützungs- und Zertrümmerungsprodukt der zusammenprallenden Flussgeschiebe. Diese Vermutung findet ihre Stütze in den vorkommenden Mineralien. Es gelang folgende zu bestimmen:

Eisenglanz, Pyrit, Limonit, Pyroxen, Hornblende, Granat, Apatit, Rutil, Glimmer, Zirkon, Turmalin, Epidot, Plagioklas, Mikroklin, Orthoklas, Quarz, Glaukonit.

Es ist möglich, dass sich noch andere Mineralkörner am Aufbau dieser Gesteine beteiligen. Dies liess sich bei der Untersuchung der Sandkörner nicht feststellen, da dieselben teils wegen ihres unruhigen Reliefs, teils wegen der oberflächlichen Verwitterungsrinde unkenntlich werden. Ihre optischen Eigenschaften sind aus den angeführten Gründen selten zu erkennen. Zudem wurden die Karbonatkörner, die sicher auch vorhanden waren, bei der Auflösung der Gesteine zerstört. Um eine lückenlose Zusammenstellung sämtlicher Mineralien zu gewinnen, wäre es deshalb nötig, die Sandsteine im Dünnschliff zu untersuchen.

Ein Wechsel in der Zusammensetzung der Sandsteine und Mergel verschiedener stratigraphischer Stufen liess sich nicht nachweisen. Das darf aber nicht wundern, wenn man bedenkt, dass auch in der Nagelfluh kein Unterschied zu bemerken ist.

5. Bindemittel.

Das Bindemittel besteht bei den Sandsteinen aus Kalk, bei den Mergeln grösstenteils ebenfalls aus Kalk, nur untergeordnet aus Ton. Die Verfestigung ist selten stark, häufig sind die Gesteine ganz locker.

Im allgemeinen sind die Sandsteine gut wasserdurchlässig, die Mergel dagegen wasserdicht.

B. Quartär.

I. Diluvium.

1. Bisherige Arbeiten.

In der «Monographie der Molasse» schreibt STUDER, dass im oberen Emmental östlich der Emme keine erratischen Blöcke mehr zu finden seien, und glaubt dieses Gebiet frei von eiszeitlichen Ablagerungen (2, 216).

1865 macht derselbe Autor in einer kurzen Mitteilung auf die häufig vorkommenden Habkerngranitblöcke im Krümpelgraben bei Trubschachen aufmerksam. Er deutet an, dass diese Blöcke möglicherweise von der E-Seite der Bohlegg am Ursprung der Emme herzuleiten seien (17).

Fünf Jahre später berichtet J. BACHMANN über den Fund von zwei Findlingen des Rhonegletschers im Oberemmental. Der eine Block (Valorsinekonglomerat) steckt in einer Strassenmauer bei Hohfurren (Schüpbach), der andere (Euphotid) wurde bei Obermatt, am rechten Ufer der Ilfis gefunden (23, 235 bis 237). L. RÜTIMEYER vertritt in seiner, 1874 erschienenen Schrift «Thal- und See-Bildung» die Ansicht, dass der Napf niemals von Gletschern berührt worden sei (31, 16).

Durch F. J. KAUFMANN erfuhren die Glazialbildungen des Untersuchungsgebietes die erste ausführliche Bearbeitung (40). Er erwähnt die diluvialen Ablagerungen bei Marbach-Schangnau, das Vorkommen von Habkerngranitblöcken im Krümpel-, Ortbach-, Aspi- und Schopfgraben sowie auf Geissbachalp und im Tobel des Vordergeissbaches; ferner die Gneise auf dem Steinboden und die Gneise, Granite und Kalke zwischen Badschwändeli und Kellen (40, 465—467). Auch die Terrassensysteme bei Schüpbach, Hälischwand und Ey hat KAUFMANN beschrieben (40, 470/71).

1896 berührt BALTZER in seinem Werk «Der diluviale Aaregletscher» (64) zum erstenmal die Frage nach dem Alter der Oberemmentaler-Diluvialbildungen. Gestützt auf die Anwesenheit von Rhoneerratikum verweist er dieselben in die grösste Eiszeit, während welcher das Eis des Rhonegletschers bis zur Gurnigel-Napflinie vorgedrungen war (64, 130). Der Aaregletscher hat nach BALTZER an den Glazialbildungen des Emmentals keinen Anteil.

E. BRÜCKNER widmet in der klassischen Arbeit «Die Alpen im Eiszeitalter» (80) der Vereisung des Emmentals einen besonderen Abschnitt. In Anbetracht der interessanten Angaben über Grösse und Verbreitung des Lokalgletschers (Emmegletscher) und in Hinsicht auf die späteren Ausführungen sei hier dieses Kapitel wiedergegeben (80, 547/48):

«Im Thal der Grossen Emme lag ein grosser Gletscher. Sein Ende wird durch Moränenwälle 2 km südlich von Eggiwil auf der Breitmoosalp in 920—970 m Höhe markiert. Sie bestehen fast ganz aus Blöcken des Hohgantsandsteins. Vereinzelt finden sich auch Habkerngranite, die aus dem Flysch im Hintergrund des in die Habkernmulde eingeschnittenen oberen Emmenthals stammen. Ufermoränen lassen sich über die Ober-Breitmoosalp und Ober-Siechen (1107 m) thalwärts verfolgen (die genannten Lokalitäten liegen sämtlich links der Emme). Seitlich stülpte sich von Schangnau aus eine kleine Gletscherzunge gegen Marbach ins Thal der Ilfis. Eine Endmoräne bildet hier bei Wald die Wasserscheide in 980 m; sie dürfte jedoch kaum das Maximum der Eisausdehnung angeben. Der Gross-Emmegletscher bedeckte ein Areal von 100—110 km². Die mittlere Höhe seines Bodens ergibt sich zu 1280 m, die seiner Oberfläche und damit auch die Schneegrenze zu 1350 m.

Aus dem weiten Schangnauer Becken tritt die Emme in eine wilde, 100—150 m tiefe Schlucht ein, in der sie in 4 km langem Lauf mit 14⁰/100 Gefälle das Nagelfluhplateau der Steinmoos- und Breitmoosalp quert, um erst bei Eggiwil wieder ein offenes Thal zu erreichen. Der jugendliche Charakter der Schlucht ist augenfällig; ein verschütteter Emmelauf neben derselben fehlt. Man kann sich des Eindrucks nicht erwehren, dass hier eine Wasserscheide erst kürzlich zerschnitten wurde. In der That zieht von Schangnau aus ein breites Thal nach Nordosten, das sich heute im Zustand der Verschüttung befindet, und in das die Ilfis von Osten eintritt. Die von Moränen gebildete Wasserscheide gegen die Emme liegt nur wenige Meter über der oberen Kante der jungen Emmeschlucht. Ich möchte dieses Thal als das alte Emmenthal betrach-

ten, das sich über die heutige flache Thalwasserscheide bei Escholz matt (854 m) zum Thal der Kleinen Emme fortgesetzt haben dürfte. Es dürfte bei Schangnau eine Stromverlegung erfolgt sein, verursacht durch Moränenablagerung nordöstlich von Schangnau und wohl auch durch glaciale Erosion, die die Wasserscheide aus Nagelfluh westlich von Schangnau etwas erniedrigte.»

Dieser Gletscher gehört in die Würmeiszeit. Über das Vorhandensein eines Emmegletschers während der Rissvereisung macht BRÜCKNER keine Angaben. Übereinstimmend mit BALTZER denkt er sich das Emmental zu dieser Zeit vom Rhonegletscher bedeckt.

Aus der Form der Täler schliesst der Autor, dass die Durchtalung in der Riss-Würm-Interglazialzeit erfolgt sei (80, 600):

«Wären die Täler des Napfes in ihrer heutigen Form älter als die Riss-Eiszeit, so müssten in ihnen Ablagerungen der Riss-Eiszeit auftreten, während sich doch nur wenige besonders grosse erratische Blöcke finden. Es dürfte also die reife Thallandschaft des Napfes in ihrer heutigen Gestalt und Tiefe erst nach der Riss-Vergletscherung ausgebildet worden sein, und zwar in erster Reihe in der Riss-Würm-Interglazialzeit; denn die grossen Täler, wie das Trubthal, weisen Schottermassen auf, die thalabwärts in die Niederterrassen der von Gletscherflüssen der Würm-Vergletscherung durchströmten Täler auslaufen. Es fand also in der Würm-Eiszeit eine Verschüttung der grossen Täler statt. Doch arbeitete wohl die Erosion in den kleineren Seitengraben auch während der Würm-Vergletscherung weiter.»

O. FREY vertritt im Gegensatz zu BRÜCKNER die Ansicht, dass die Emme schon in der grossen, zweiten Interglazialzeit (Mindel-Riss) ihrem heutigen Laufe gefolgt sei (85, 399). Ausserdem glaubt O. FREY, dass der Aaregletscher zur Zeit seines höchsten Standes während der letzten Vergletscherung dem Emmegletscher tributär gewesen sei: «Eislappen drangen von Schwarzenegg und über Linden bis gegen Röthenbach in den Bereich der Emme vor» (85, 435).

ANTENEN führt in seiner Arbeit «Vereisung im Eriz» in Übereinstimmung mit BRÜCKNER aus, dass während der Würmeiszeit der Aaregletscher die Wasserscheide zwischen Aare- und Emmetal nicht überschritten habe, sondern seine Endmoräne bei Schwarzenegg absetzte (83).

Betreffend die Verbreitung des Aare- und Rhonegletscher im Emmental gibt NUSSBAUM 1908 in einer Publikation bekannt, dass in der Zone Süderen bis Langnau die Blöcke aus dem Aaregebiet vorherrschen, während nördlich dieser Zone die Rhoneblöcke zahlreich sind (89).

Die eingehendste Untersuchung der Terrassensysteme des oberen Emmentals verdanken wir F. ANTENEN (95). Er hat die Terrassen der verschiedenen Niveaus entlang der Ilfis und Emme bis nach Burgdorf verfolgt und gelangte dadurch zu einer Übersicht, die ihm gestattete, das Alter dieser ehemaligen Talböden zu bestimmen. Da später auf die Details dieser Arbeit eingegangen wird, sollen hier nur die Ergebnisse derselben Berücksichtigung finden (95, 797/98).

«1. Im Gebiet der grossen Emme ist uns der Talboden der Riss-Würm-Interglazialzeit in Form vieler Terrassenteilfelder in anstehender Nagelfluh erhalten geblieben.

2. Die Gefällsverhältnisse des alten Talbodens in der Umgebung von Eggiwil weisen auf einstige Stufenmündungen des Röthenbachtals und des obern Emmmentales hin.

3. Das Quartär der Risseiszeit ist uns im Gebiet des Emmmentales nicht nur in erratischen Blöcken, sondern auch in Überresten der Hochterrasse und in einem Wallmoränensystem, das sich dem Südabhang des Kurzenberges nachzieht, erhalten geblieben.

4. Die Emme folgte schon während der Riss-Würm-Interglazialzeit der Hauptachse ihres Tales. Dafür sprechen das kombinierte Profil des Rebloches, das Erratikum des jungen Emmengletschers und der durch das Rebloch repräsentierte Erosionswert.

5. Die Ausweitung des Talzuges Schangnau-Marbach-Wiggen erfolgte in der Risszeit durch Gletschermoränen. Dabei wurde der mittlere Abschnitt des alten Steiglentales dem Haupttal einverleibt; der untere Abschnitt ist uns im Schärliental erhalten geblieben.

6. Die Niederterrassenschotter des Emmmentales sind zum Teil lokalen Ursprungs und nicht durch Schmelzwässer abgelagert worden.

7. Von den ältern Schuttkegeln, die wir im mittleren Emmental an den Ausgängen der Nebentäler überall beobachten können, laufen Schotterflächen aus, die talwärts an Umfang zunehmen und schliesslich in das Schotterfeld der Niederterrasse übergehen.

8. Die Überlagerung der in einem Stausee oberhalb Burgdorf entstandenen Ton- und Lehmablagerungen durch Niederterrassenschotter spricht dafür, dass die Aufschüttung der ältern Schuttkegel und der Niederterrassenschotter während der letzten Eiszeit erfolgte.

9. Die Schuttkegelsysteme im mittleren Emmental deuten auf Klimaschwankungen hin. Während die ältern Schuttkegel mit der Niederterrasse verwachsen sind, müssen erst weitere Untersuchungen feststellen, ob die jüngeren und jüngsten

Schuttkegel als Ablagerungen zu betrachten seien, die ihrem Alter nach den Rückzugsmoränen des Bühl- und Gschnitzstadiums entsprechen.

10. Die Niederterrasse des Emmentals zeigt eine deutliche Zweiteilung.»

Auch AEBERHARDT spricht die tiefste Terrasse bei Signau als Niederterrasse an. Er unterscheidet am Fusse der Alpen im ganzen 5 verschiedene Niveaus der interglazialen Stauschotter. In dieser Einteilung fällt die Bildung der Terrasse im S von Signau in die Mindel-Riss-Interglazialperiode, die Entstehung der Schotter von Führen südöstlich von Signau in die Günz-Mindel-Interglazialzeit.

Überdies stellt AEBERHARDT fest, dass sich im Emmental weder an der Nieder- noch an der Hochterrasse eine Rücksenkung der Alpen feststellen lasse, sondern dass beide ein normales Gefälle aufweisen (92).

1910 teilt ANTENEN mit, dass das Hundschüpfengebiet (westlich Signau) in zwei verschiedenen Höhenlagen, in 900—910 m und in 945 m, Schotter aufweise, welche als jüngere und ältere Deckenschotter zu deuten seien. Rissmoräne liege im Gebiet der Hundschüpfen bei 950 m (100).

Im selben Jahre erschien eine Publikation von NUSSBAUM, die sich mit den Altersfragen der Emmentaler Glazialbildungen befasst. Nach diesem Autor gehören die Talsohlenschotter zum grössten Teil der Niederterrasse an, zum kleineren Teil der Hochterrasse. Daraus ergibt sich, dass die Eintiefung der Täler bis auf ihr heutiges Niveau vor der Riss-Eiszeit, also in der zweiten Interglazialzeit (Mindel-Riss), stattgefunden haben muss, während die 40 und 55—60 m hohe Erosionsterrasse (Muttens-Häleschwand) älter ist und vermutlich der ersten Interglazialzeit angehört; demnach wäre der 120 bis 140 m hohe Talboden (Röthenbach) der Präglazialzeit zuzuweisen. Aber auch die höher gelegenen Schotter (Deckenschotter nach ANTENEN) sind nach NUSSBAUM Hochterrasse, da sie mit Gletscherschutt der Riss-Eiszeit verknüpft sind. Er betrachtet sie als lokale Stauseeablagerungen am Rande des hochgestauten Aaregletschers während der vorletzten Vergletscherung.

Der Formenschatz des Napfgebietes stammt also nach NUSSBAUM zum grössten Teil aus früherer Zeit, als wie BRÜCKNER angenommen hatte (101).

Die gleiche Ansicht vertritt NUSSBAUM in der ebenfalls 1910 erschienenen Arbeit «Die Täler der Schweizeralpen» (99, 14—17).

Die Meinungsdivergenzen in betreff des Alters und der Entstehung der Emmentaler Diluvialbildungen gehen auch aus dem Exkursionsbericht von NUSSBAUM und AEBERHARDT hervor (117).

AEBERHARDT glaubt, dass die beiden Terrassen von Emmenmatt, wovon sich eine 20 m, die andere 40 m aus dem Talboden erhebt, fluvioglazialer Entstehung sind und zeitlich der letzten und vorletzten Interglazialzeit entsprechen. Dagegen vertritt NUSSBAUM die Auffassung, dass es sich bei beiden Schottern um Ablagerungen der Flüsse während der Riss- und der Würmeiszeit handeln dürfte.

Die Schottervorkommnisse links der Emme südöstlich von Signau (auf 840 und 880 m bei Boden, Kühweid und östlich des Hofes Hinter Furen in 945 bis 970 m) hält NUSSBAUM für Produkte der Riss-Vergletscherung (117, 798/99), während AEBERHARDT nur das Vor-Riss-Alter für alle diese höheren Schotterablagerungen anerkennt.

R. FREI erklärt in seinem Werk «Monographie des Schweizerischen Deckenschotter», dass die, durch ANTENEN bekannt gewordenen Schotter des Hundschüpfengebietes nicht dem älteren und jüngeren Deckenschotter anzurechnen sei. Die jüngeren Deckenschotter nach ANTENEN seien wegen des frischen Erhaltungszustandes und der geringen Verkittung als Bildungen der Riss-Eiszeit anzusehen. Der ältere Deckenschotter erwies sich als tertiäre Nagelfluh (111, 98).

Im gleichen Jahre (1912) ging eine weitere Arbeit von R. FREI aus dem Drucke hervor, betitelt «Über die Ausbreitung der Diluvialgletscher in der Schweiz» (112).

Die dem Werke beigegebene Karte gibt das gleiche Bild, wie wir es schon aus früheren Darstellungen kennengelernt haben. Während der grössten, vorletzten Vereisung (Riss) wurde der Aaregletscher bei Thun durch den Rhonegletscher gestaut und floss deshalb teilweise nach Osten ab, ins Gebiet des Emmentals und Entlebuch. Das Rhonegletschereis drängte bis zur Linie Eggiwil-Rämisgummen-Napf vor. Die höchsten Ausläufer des Napfs blieben eisfrei. In der letzten Eiszeit (Würm) erreichten

die erwähnten Gletscher das obere Emmental nicht mehr. Die Gletschergrenzen konstruierte FREI auf Grund der von KAUFMANN und ANTENEN beschriebenen Blöcke (112, 45).

1923 erschien im Band «Die diluvialen Schieferkohlen der Schweiz» (157) eine Mitteilung von ED. GERBER (Die diluviale Schieferkohle auf der Muttenterrasse südöstlich von Signau), wonach die Plateaus von Muttten und Hälischwand zur Niederterrasse gehören, da sie durch Teilfelder in Verbindung stehen mit dem würmeiszeitlichen Aaregletscherlappen, der zur Zeit des Maximums bis Oberhofen vordrang.

Aus dieser Besprechung wird klar, wie die Ansichten über das Quartär des Emmentals auseinandergehen und wie unsicher alle diese Auffassungen sind. Viele Probleme sind noch zu lösen, und grosse Arbeit wird noch aufzuwenden sein, bis es gelingen wird, diese Glazialbildungen nach Entstehung und Alter richtig zu deuten.

2. Die Diluvialbildungen des Oberen Emmentals.

A. Die Terrassensysteme.

Im oberen Emmental lassen sich deutlich 3 in verschiedenen Niveaus gelegene Terrassen unterscheiden, welche wir von unten nach oben als T_1 , T_2 und T_3 bezeichnen wollen.

a) Die tiefste Terrasse (T_1).

Von Schüpbach zieht sich eine schöne Terrasse der Emme entlang nach Winkelmatte und von dort ins Ilfistal hinein gegen Langnau. Die grösste Ausdehnung besitzt sie in dem Dreieck von Brauchbühl-Obermattli-Bembrunnen, wo sie bis nach Winkelmatte hinaus 600 m breit wird. Nach Langnau hin wird sie zu einer schmalen Fläche und keilt 400 m westlich von Ilfis aus. Auf der rechten Seite des Ilfisgrabens südlich Langnau erscheint ein kleines Relikt der Terrasse. Die nächste Fortsetzung findet sich in dem zirka 100 m breiten Fels zwischen Niedermoos und Altenei östlich von Langnau. Von hier bis nach Trubschachen ist die tiefste Terrasse links der Ilfis nirgends mehr erhalten geblieben. Als letzter Rest ist die kleine, ausgesprochene Erosionsterrasse im Nagelfluhvorsprung von Blapbach, zwischen Ortbach und Krümpelgraben, zu betrachten. Rechts der Ilfis bei Langnau ist T_1 als ausgedehnte Fläche (das sogenannte «Feld») erhalten.

Auf der rechten Seite der Emme ist sie oberhalb Schüpbach nirgends anzutreffen. Sie findet bei Weidli ihr Ende.

Die Terrasse befindet sich bei Schüpbachfuhren 10 m, bei Bembrunnen 13 m, westlich von Ilfis 11 m, bei Bösacker (zwischen Niedermoos und Altenei) 20 m und bei Blapbach (Trubschachen) 20 m über dem heutigen Talboden.

Das Gefälle auf der Strecke Trubschachen-Emmenmatt beträgt 11 ‰, während sich dasjenige des heutigen Talbodens zu 10 ‰ berechnet.

Von Schüpbach nordöstlich bis nach Ried bildet der steile Abfall der Terrasse das rechte Ufer der Emme und ist überall gut aufgeschlossen. Der untere Teil des Bordes besteht aus Molasse, und zwar aus einer Wechsellagerung von Mergel und Nagelfluh. Unterhalb Schüpbach ist nur Mergel sichtbar, weiter flussabwärts schieben sich Nagelfluhbänke ein, und bei Ried bilden die Mergel nur noch eine 2 m mächtige Schicht in der Nagelfluh. Die Mergel sind glimmerreich und werden stellenweise zu lockerem Sandstein.

Über dem Molassesockel folgen Schotter, die durch Kalzit gebunden sind, aber keine grosse Festigkeit besitzen (löcherige Nagelfluh). Beim Anschlagen zerfallen sie leicht.

Unter den Geröllen finden sich hauptsächlich die Gesteine der Nagelfluh, ausserdem viele dunkle Kreidekalke, eocäne Sandsteine und Granite des Aarmassivs.

Eine Auszählung unterhalb Schüpbach ergab folgende prozentuale Zusammensetzung (Tafel III):

Rote Granite	1%
Grüne Granite	2%
Übriges Kristallin	20%
Quarzite	25%
Gelbe Sandsteine	1%
Übrige Sandsteine	5%
Kalk und Dolomite	45%
Gasterngranite	1%

Die mittlere Geröllgrösse bewegt sich zwischen Ei- und Faustgrösse. Die grössten Gerölle besitzen die Quarzite und Kalke. Diese erreichen Dimensionen von $4 \times 3 \times 2$ dm und $3 \times 1,7 \times 1,7$ dm.

Die Grenzfläche zwischen der Molasse und den Schottern nimmt einen unregelmässigen Verlauf. Bei Schüpbach liegt sie 3—4 m über dem Wasserspiegel, bei Ried 7 m, und an der Stelle, wo der Terrassenabfall von der Emme zurücktritt, senken sich die Schotter wieder auf 5 m über das Flussniveau.

Die ganze Terrasse ist von einem gelben, sandigen, lössähnlichen Lehm bedeckt (keine Moräne!). Nach den Aussagen der Bewohner soll diese Lehmschicht bei Obermattli und Bembrunnen 1,5 m mächtig sein.

Das kleine Terrassenfragment bei Ilfis (zwischen dem Ilfisgraben und der Ilfisbrücke) besteht ebenfalls aus der Molassebasis und den darübergelagerten Schottern. Anlässlich der Verbreiterung der Kantonsstrasse im Jahre 1925 wurde der Hang angeschnitten. Damals konnte das nachstehende Profil notiert werden:

4. Schotter mit faust- bis kopfgrossen Geröllen, oft Molassesandsteinquader von 50 cm Kantenlänge und 20 cm Dicke enthaltend.
3. 60 cm graugrüne, mergelige Sandsteine.
2. 50 cm Nagelfluh.

Strasse-1. x cm mergelige Sandsteine (unterster Teil des Aufschlusses).

Ob sich die gleichen Verhältnisse auch in dem Terrassenteilfeld zwischen Niedermoos und Altenei wiederfinden, liess sich wegen des Mangels an Aufschlüssen nicht bestimmen.

Gestützt auf diese Beobachtungen lässt sich sagen dass T_1 eine Schotterterrasse auf Molassebasis ist (Felsterrasse). Moränenbedeckung ist nirgends zu beobachten.

b) Alte Schuttkegel.

Im Anschluss an die Besprechung der tiefsten Terrasse müssen noch die alten Schuttkegel erwähnt werden, da sie immer mit jener in genetischem Zusammenhang geglaubt wurden.

Fast in allen Nebentälern der Emme und Ilfis beobachtet man an den Ausgängen Schuttkegel, die vom Gewässer des Haupttales in 3—8 m hohen Steilborden angeschnitten und von den Nebenbächen durchschnitten sind. Alle diese Schuttanhäufungen können von der Geschiebezufuhr des heutigen Baches nicht mehr genährt werden.

Der heutige Bach hat sich in den alten Schuttkegel eingefressen, und in dieser Erosionsfurche hat das Gewässer später wieder Geschiebe aufgeschüttet und einen zweiten, eingeschachtelten Schuttkegel erzeugt, der aus dem alten herauswächst. Solche Doppelkegel sind beinahe bei jedem Nebenbache zu sehen.

Oft kommt es vor, dass die alten Schuttkegel zweier benachbarter Bäche miteinander verwachsen. Dadurch entsteht eine terrassenähnliche Schotterfläche die gegen die beiden Täler zu langsam ansteigt. Diese alten Schottermassen hatten sich nicht nur talabwärts, sondern auch talaufwärts vorgeschoben. So beginnen einige Schuttkegel schon 200—300 m vor der Mündung des Seitentales ins Haupttal.

ANTENEN hat zur Erklärung dieser Aufschotterung eine Stau- und Akkumulationswirkung angenommen, die der wachsende Schuttkegel des Nebentales auf das Gewässer des Haupttales ausübte (95, 792).

Gegen diese Ansicht lässt sich verschiedenes einwenden. Wenn das Wasser des Hauptflusses aufgestaut worden wäre, so würde sich nicht nur in den Nebentälern die Geschiebeaufschüttung voll-

zogen haben; in erster Linie hätte der Hauptfluss seine Geschiebe oberhalb des stauenden Hindernisses, in diesem Falle des Schuttkegels, mit Geröllen überschüttet. Solche Schotterfelder oberhalb der Einmündung der Nebenbäche sind aber nirgends nachgewiesen.

Ferner ist zu sagen, dass der Seitenbach, falls er seine Geschiebe im gestauten Hauptfluss subaquatisch abgelagert hätte, kaum einen so ausgesprochenen, kegelförmigen Schuttfächer erzeugt haben würde. Die Schuttablagerung wäre vom Hauptfluss gestört und umgelagert worden.

Es scheint mir viel natürlicher, wenn man sich die Schuttkegel ohne Beeinflussung durch die Gewässer des Haupttales entstanden denkt.

ANTENEN sieht in den alten Schuttkegeln das Äquivalent der tiefsten Terrasse (Niederterrasse). Er schreibt: «Im obern Teil der Täler meist isoliert, nehmen sie talabwärts an Umfang zu, stossen ihre Schotterflächen immer weiter vor, verwachsen miteinander und gehen schliesslich in ein zusammenhängendes Schotterfeld, in die Niederterrasse über.» (95, 795).

Für das Gebiet zwischen Emme und Ilfis trifft dies nicht zu. Bei Trubschachen kann man sich überzeugen, dass das Terrassenrelikt von Blapbach höher liegt als die alten Schuttkegel des Krümpelgrabens und des Ortbachs. Die gleiche Höhendifferenz ergibt sich für die Terrasse zwischen Niedermooß und Altenei und dem Schuttkegel des Mühlebachs sowie für das kleine Terrassenstück bei Ilfis und den Schuttfächer des Ilfisgrabens.

Terrasse T_1 und alte Schuttkegel sind also nicht identisch.

Es gibt indessen noch einen anderen Grund, der gegen Identität von der tiefsten Terrasse mit den alten Schuttkegeln spricht. Die letzteren münden, wo sie intakt sind, alle auf den heutigen Talboden, während die Schotter der tiefsten Terrasse auf einem 5—7 m mächtigen Molassesockel aufliegen. Die Hauptflüsse mussten also erst die Schotter der tiefsten Terrasse samt der Molasseunterlage wegerodieren, um den heutigen Talboden zu schaffen, auf welchen nun zunächst die alten Schuttkegel auslaufen. Diese sind daher entschieden jünger als die tiefste Terrasse.

Die Entstehung der eingeschachtelten, jüngsten Schuttkegel ist geknüpft an seitliche Erosion des Talgewässers, Entfernen eines Teils der alten Schuttkegel und Bildung eines Steilbords, das vom Seitenbach aufgeschnitten wurde. Die Annahme einer nochmaligen Tieferlegung der ganzen Talsohle ist überflüssig.

c) Die mittlere Terrasse (T_2).

Zur mittleren Terrasse gehört das schöne Plateau von Häleschwand zwischen Emme und Ilfis, dem südlich Schüpbach das Muttendorf entspricht, von welchem es durch die Emme getrennt ist.

Die Häleschwandterrasse beginnt bei Weidli, erstreckt sich dann in nördlicher und nordöstlicher Richtung mit 600—700 m Breite über Führenholz, Brunnmattli, Bachtelen und Bühl, von da geht sie ins Mättenbergfeld über und weiter ins Faulholz. Von hier zieht sie, immer schmaler werdend, nach E über Stalden und Ilfisstalden zum linken Abhang des Ilfisgrabens. Rechts von diesem Graben bildet sie das Feld von Hängelen. Dann erscheint sie erst wieder als schmale Ebene oberhalb Ramseren, sodann bei Wingeibergli (zwischen dem Ramserengraben und dem Teufenbach), bei Unter Bramerboden (zwischen Teufenbach und Ortbach) und bei Blapbachbergli (zwischen dem Teufenbach und dem Krümpelgraben). Weiter flussaufwärts ist sie am linken Ilfisufer nirgends mehr angedeutet. Rechts der Ilfis ist T_2 bei «Giebel», östlich von Langnau als weitausgedehnte Terrasse erhalten geblieben.

Bei Wingeibergli und bei Blapbachbergli sind zwei Terrassen ausgebildet, die eine Höhendifferenz von 10 m aufweisen. Der Terrasse von Bramerboden, welche sich zwischen den beiden anderen befindet, fehlt diese Zweiteilung. Über die Ursache dieser Erscheinung bleibt man im unklaren, da die Aufschlüsse gänzlich fehlen. Ob die eine der beiden Flächen eine Denudationsterrasse ist?

Ferner sei hier bemerkt, dass die W-Seite des Häleschwandplateaus um zirka 8 m abgetragen wurde, ob durch Wasser oder Eis, lässt sich nicht entscheiden. Aber es ist sehr wohl möglich, dass auch die Zweiteilung der Terrassen von Wingeibergli und Blapbachbergli der gleichen Ursache zugeschrieben ist.

Am rechten Ufer der Emme, von Schüpbach gegen Eggiwil fortschreitend, ist die Terrasse nur in kleinen Relikten erhalten geblieben. So treffen wir das erste Feld bei Bürg (südlich der Horbenbrücke). Dann folgen die kleinen Terrassen von Giebel und Äbnit bei Eggiwil. Hierauf begegnen wir ihre Fortsetzung bei Unter Gisenberg zwischen Emme und Geissbach, und als letztes Teilstück erscheint eine kleine Ebene am N-Abfall des Innenbergs zwischen Emme und Sorbach.

Die Niveauverhältnisse ergeben sich aus den folgenden Tabellen:

	Niveau der Terrasse Meter	Niveau der Emme Meter	Differenz Meter
Häleschwand	705	672	33
Bürg	770	717	53
Giebel	785	736	49
Äbnit	795	741	54
Gisenberg	835	755	80
Innenberg	840	761	79

Gefälle der mittleren Terrasse von Eggiwil bis Schüpbach = 15 ‰

Gefälle des heutigen Talbodens von Eggiwil bis Schüpbach = 10 ‰

	Niveau der Terrasse Meter	Niveau der Ilfis Meter	Differenz Meter
Ilfistalden	730	673	57
Wingeibergli	780	715	65
Unter Bramerboden	780	722	58
Blapbachbergli	785	725	60

Gefälle der mittleren Terrasse von Trubschachen bis Langnau = 14 ‰

Gefälle des heutigen Talbodens von Trubschachen bis Langnau = 12 ‰

Die mittlere Terrasse ist im Gebiet zwischen Emme und Ilfis nur an einer einzigen Stelle aufgeschlossen: Bei Ilfis, am linken Hang des Ilfisgrabens. Hier ist auf Höhe 710 eine Kiesgrube angelegt, in welcher die anstehenden Schotter ausgebeutet werden. Diese sind ganz unverfestigt und zerfallen sehr leicht. Der Sand ist locker und vermag die Gerölle nicht zu binden.

Über den Geschiebebestand orientiert die folgende Auszählung (Tafel III):

Rote Granite	1 %
Grüne Granite	1 %
Übriges Kristallin	15 %
Quarzite	37 %
Gelbe Sandsteine	< 1 %
Andere Sandsteine	10 %
Kalke und Dolomite	35 %

Es sind hauptsächlich die Nagelfluhgerölle, welche am Aufbau dieser Schotter beteiligt sind. Ihre Grösse bewegt sich zwischen Baumnuss- und Eigrösse. Die Quarzite und kristallinen Gerölle erreichen mit Kopfgrösse die maximalen Dimensionen.

Der Aufschluss liegt 16 m unter der Terrassenoberfläche, woraus resultiert, dass die Mächtigkeit der Schotter mindestens 16 m betragen muss. Wir haben es also nicht mit einer reinen Erosionsterrasse zu tun, wie ANTENEN ausführte (95, 773). Allerdings werden die Schotter von Molassenagelfluh unterlagert, wovon man sich bei Weidli, östlich von Schüpbach, überzeugen kann. Der Aufschluss bei Brauchbühl an der Bern-Luzernstrasse, welcher nach KAUFMANN Schotter (40, 471), nach ANTENEN dagegen Nagelfluh entblösste (95, 773), ist heute total überwachsen.

Dagegen ist die mittlere Terrasse links der Emme, an der N-Spitze des Muttenfeldes bei Rain, gut aufgeschlossen. Schon KAUFMANN hat diese Stelle studiert und schreibt darüber (40, 470):

«Bei Rein, im Osten von Signau, ist der Abhang durch einen Abriss zirka 20 m kahlgelegt. Mehr als die Hälfte, von der Talsohle an aufwärts, besteht aus miocäner Nagelfluh, das Übrige aus Terrassenkies. Die Gerölle der Nagelfluh sind meist hühnerei- bis faustgross, ausnahmsweise bis 5 dm gross, vorherrschend bunt. Ungefähr ein Drittel sind Kalksteingerölle.»

Es ist zu bemerken, dass der Molassesockel nicht nur aus Nagelfluh besteht, sondern aus einem Wechsel dieser Gesteinsart mit grauschwarzen Mergelschichten, wobei aber die Nagelfluh an Schichtmächtigkeit überwiegt.

Wie bei der tiefsten Terrasse, handelt es sich auch bei der mittleren um Überlagerung ausgedehnter Schottermassen auf einer Erosionsterrasse. Beide Terrassensysteme können weder als reine Erosionsterrassen noch als reine Akkumulationsterrassen aufgefasst werden.

Auch bei der mittleren Terrasse besteht die oberste Lage aus Lehm. Dieser führt leicht zu Versumpfung, und die Landwirte sind deshalb bemüht, für eine gute Wasserableitung zu sorgen. Bei Blapbachbergli beobachtete ich in einer, durch die Drainierungsarbeiten ausgehobenen Grube einen schlüpfrigen, bläulichen Lehm, der nach den Aussagen der Bewohner mindestens 3 m mächtig sein soll.

Die Plateaux von Häleschwand und Mutton sind von einer 3—4 m dicken, gelben, sandigen Lehm-schicht überzogen, die zur Fabrikation von Ziegeln ausgebeutet werden.

Hinsichtlich der Entstehung gibt E. LERSCH folgende Erklärung: «Die Tone sind entweder Grundmoräne nebst Abschwemmungsprodukten der umgebenden Gehänge oder feiner Niederschlag, abgesetzt durch Rieselwasser der Umgebung» (84, 165). Meiner Auffassung nach kann es sich nicht um Moräne handeln (Blöcke und Geschiebe fehlen).

Ein Vorkommen von diluvialen Schieferkohlen auf der Muttonterrasse wurde von ED. GERBER beschrieben (157). Die Stelle befindet sich oben im Frauezgraben (Strasse von Staldenmatt nach Hasli). Im ganzen wurden durch Bohrung 7 Flözchen festgestellt, von welchen das dickste 40 cm misst. Das Material, bestehend aus einem undefinierbaren Pflanzengehäcksel, weist viel Asche auf und käme für praktische Verwendung nie in Frage.

Ob die Terrassenteilefelder von Trubschachen (Wingeibergli, Unter Bramerboden, Blapbachbergli) ebenfalls aus Molasse und Schotter aufgebaut sind oder aber reine Erosionsterrassen darstellen, muss dahingestellt bleiben, da nirgends ein Aufschluss anzutreffen ist.

Demgegenüber kann mit Bestimmtheit gesagt werden, dass die Terrassenrelikte rechts der Emme, von Äschau bis südlich Eggiwil (Bürg, Giebel, Äbnit, Gisenberg, Innenberg), ausgesprochene Erosionsflächen sind, deren Unterlage unmittelbar aus Nagelfluh besteht.

ANTENEN hat darauf hingewiesen, dass das Niveau der mittleren Terrasse im Talkessel von Eggiwil um zirka 85 m emporschnelle, und gibt dafür die hier wiedergegebene Erklärung (95, 778):

«Der Gefällssturz tritt da ein, wo sich in der Risszeit zwei Eisströme, ein Arm des Aaregletschers und der Emme-gletscher, soweit dieser nicht über Schangnau und Marbach abfloss, vereinigten. Nun ist die erodierende Wirkung eines Gletschers direkt proportional seiner Masse. An der Vereinigungsstelle zweier Eisströme wird daher das Tal erweitert und vertieft. Dies muss nach unserer Voraussetzung auch in der Gegend von Eggiwil eingetreten sein.»

Wenn uns schon der hohe Betrag der Gletschererosion an der Richtigkeit seiner Auffassung zweifeln lässt, so muss noch vielmehr nach den Ergebnissen der Terrassenuntersuchungen gesagt werden, dass hier ein Irrtum vorliegt.

Die Relikte der mittleren Terrasse finden sich im Tal der Emme auch noch oberhalb der Einmündung des Röthenbachtals, nämlich bei Gisenberg und Innenberg.

Die Flächen von Luchsmattliweid, Schweissberg, Kalbermatt, Münscheggalp und Nägelisboden links und rechts des Röthenbachtals gehören jedoch zu einem höheren Terrassensystem; wir werden später noch auf diesen Punkt zurückkommen.

d) Die höchste Terrasse (T₃).

In das höchste Terrassenniveau gehören die Ablagerungen von Gartegg (850 m) und Neuen-schwand (840—960 m), die sich deutlich als verschwemmte Moränen mit vielen gekritzten Geschieben zu erkennen geben.

Bei Gartegg findet sich ein Aufschluss östlich unterhalb des höchsten Punktes (856,7 m). Ich zählte hier folgende Gesteine (Tafel III):

Rote Granite.	2 %
Grüne Granite	<1 %
Übriges Kristallin.	25 %
Quarzite	44 %
Gelbe Sandsteine	—
Übrige Sandsteine	6 %
Kalke und Dolomite	22 %

Die mittlere Geröllgrösse variiert zwischen Baumnuss- bis Eigrösse. Die grössten Gerölle, von Kristallin und Quarziten gebildet, messen $1,8 \times 1,5 \times 1$ dm. Auffallend ist der grosse Quarzitreichthum. Die Bindung ist schlecht, und die einzelnen Gerölle fallen leicht heraus.

Die Mächtigkeit der Schotter lässt sich nicht bestimmen, da weitere Entblössungen fehlen.

Während die Schotter von Gartegg ein schönes Plateau bilden, bildet die Moräne von Neuenschwand einen sanften Rücken, der sich mit 1,7 km Länge von Abjuck bis nach Matt hinzieht. Die Gesamtmächtigkeit kann wegen des Aufschlussmangels nicht angegeben werden. Der tiefste Aufschluss liegt an der Strasse Äschau-Neuenschwand auf Höhe 850, der höchste im Waldzipfel nördlich von Matt auf Höhe 950. Dies ergibt eine Mächtigkeit von 100 m. In Wirklichkeit wird sie aber bedeutend geringer sein, da die Molasseunterlage der Moräne kaum horizontal liegt, sondern, wie die Rückenlinie selbst, nach SE ansteigen dürfte.

Unterhalb Egg und beim Dorf Neuenschwand sind Kiesgruben angelegt. Ich notierte daselbst die nachfolgende Zusammensetzung (Tafel III):

Rote Granite.	1 %
Grüne Granite	1 %
Übriges Kristallin.	20 %
Quarzite	22 %
Gelbe Sandsteine	2 %
Übrige Sandsteine	13 %
Kalke und Dolomite	40 %
Gasterngranit.	1 %

Im Mittel haben die Gerölle Baumnussgrösse. Die Maximaldimensionen sind $1,6 \times 1,2 \times 0,5$ dm und werden von Quarziten, Kalken und kristallinen Geröllen erreicht.

Überall findet man gekritzte Geschiebe, was auf Moräne hindeutet. Im übrigen besitzen die Bildungen ausgesprochenen Schotterhabitus. Die Gerölle sind lagenweise durch ein Kalzitskelett verbunden und bilden dann resistendere Partien. Dazwischen liegen oft Nester und Schmitzen von losem Schwemmsand. Der Aufschluss von Egg zeigt schöne Diagonalschichtung.

Der interessanteste Aufschluss befindet sich im Waldzipfel oberhalb Matt und entblösst eine prächtige Moräne (Höhe 950). Hier liegen grosse Blöcke aus Malmkalk, ein Protogin und ein Gneis aus der nördlichen Randzone des Aarmassivs.

Nach oben geht die Moräne in Schotter über. Daher hat man wohl die gesamte Glazialbildung von Neuenschwand als oberflächlich verschwemmte Moräne aufzufassen.

Ausserhalb des Untersuchungsgebietes setzt sich die Ablagerung von Neuenschwand und Gartegg in den Schottern von Giebelwald (östlich von Langnau) fort.

Es ist sehr wahrscheinlich, dass auch die Terrassen von Röthenbach in dieses Niveau gehören. Falls sich die Richtigkeit dieser Vermutung bestätigt, muss die von ANTENEN angenommene Gefällsstufe bei Eggiwil aufgegeben werden. Denn die Röthenbachterrassen sind in diesem Fall das Äquivalent der höchsten und nicht der mittleren Terrasse nach unserer Einteilung.

B. Moränen und Schotter.

a) Die Moräne von Hirsmatt.

Oberhalb Hirsmatt (770 m), 1,5 km westlich von Langnau, begegnet man einem Moränenwall, der in zwei Kiesgruben aufgeschlossen ist. Diese zeigen eine Wechsellagerung von verfestigten Zonen und lockeren Sandsteineinlagerungen. Stellenweise beobachtet man deutliche Kreuzschichtung. Stark gekritzte Kalkgeschiebe sind ziemlich zahlreich. Die Auszählung ergab (Tafel III):

Rote Granite.	2 %
Grüne Granite	1 %
Übriges Kristallin.	12 %
Quarzite	27 %
Gelbe Sandsteine	1 %
Übrige Sandsteine	4 %
Kalke und Dolomite	53 %

Bemerkenswert ist dabei der hohe Prozentsatz der Kalke.

Die Gerölle sind nur klein und erreichen im Mittel zirka Baumnussgrösse. Selten bilden die Quarzite und Kalke Geschiebe von $1 \times 1 \times 0,7$ dm Ausmass.

Diese verschwemmte Moräne liegt auf Höhe 770 und befindet sich also zwischen der mittleren und der höchsten Terrasse.

b) Schotter von Hegenalp (Höhe 940).

Zwischen dem Teufenbach- und dem Krümpelgraben erhebt sich der Hügelrücken von Unter Hegen, Hegenalp und Ober Hegen. 100 m südöstlich von Hegenalp stösst man auf ein buckliges Gelände, welches sofort Moränen — oder Schotter — vermuten lässt. Leider fehlen die Aufschlüsse. Es gelang mir jedoch, mit dem Hammer einige Brocken eines stark verfestigten Schotters aus der mit Humus bedeckten Verwitterungsschicht herauszugraben, womit die fluvioglaziale Entstehung dieser Bildungen erwiesen ist.

Es ist nicht unmöglich, dass die Ablagerung dieser Schotter zeitlich mit derjenigen der höchsten Terrasse übereinstimmt, da sie in gleicher Höhe auftritt.

c) Die Moräne von Kelli (Höhe 1070).

Der Weg von Eggwil nach Blapbach führt bei Kelli (Punkt 1078) über Moräne. Sie besteht aus sandigem Material, welches kleinere, eckige Kalkblöcke enthält. Im näheren Umkreis liegen mehrere, 1—3 m³ grosse Blöcke von Granit, Eisensandstein, Malmkalk, Tschingelkalk und Flyschsandstein aus dem nördlichen Aarmassiv. Nach S hin schliesst sich ein kleines Schotterfeld an.

d) Die Moränen von Schangnau und Wald.

Als der Emmegletscher in der Würmeiszeit durch das Tal von Marbach vorrückte, hat er seine Moränen im Talgrund und an den beidseitigen Gehängen abgesetzt. Bei Schangnau lehnt sich eine solche an die nordwestliche Talseite und bildet den sanften Übergang zwischen der Nagelfluhwand und dem Talboden. Sie trägt die Höfe Krähenbühl und Lätthubel. Bei Winkel kam ein Schrattenkalkblock zum Vorschein. Talwärts geht die Moräne in ein Schotterfeld über, das sich von der Käserei bis nach Brück hinzieht und vom Wasserlein, das von Unter Schopf herabfliesst, durchschnitten wurde. Dieses Bächlein hat die Moräne unterhalb Winkel mit einem Schuttkegel überpflastert.

Eine ausgedehntere Moräne zieht sich von Ober Grunachen über Wald bis nach Schwändihüsli und ist dem Sockel der Wachthubelnagelfluh angelagert. Bei Sieberslehn und Lauimätteli ist sie oberflächlich verrutscht und mit vielen abgestürzten Nagelfluhblöcken überschüttet.

In einem Graben bei Unter Gass fanden sich Schrattenkalkblöcke.

Diese Schuttmasse, über welche die Strasse Marbach-Schangnau 70 m ansteigt, repräsentiert die Endmoräne des würmeiszeitlichen Emmegletschers (95, 785).

e) Die Schotter des Schärlig- und Gummentälchens.

Die Grösse des Schärligtales steht in keinem Verhältnis zum Bach, der heute das Tal durchfließt.

Schon daraus ergibt sich, dass ehemals grössere Wassermassen bei der Erosion mitgewirkt haben mussten. Wenn wir die Karte betrachten, so fällt uns auf, dass der breite Talboden nur bis Mittler Meisenbach reicht; von da zieht sich nur mehr ein schmaler Graben nach S, der Meisenbach und Buchschachengraben.

Die Verlängerung des breiten Talstückes streicht über die Molassedepression bei Schärligberg ins Marbachtal und findet ihre Fortsetzung im Steiglenbach. Es steht ausser Zweifel, dass im Schärlig der ehemalige Unterlauf des Steiglenbaches vorliegt.

Während der Risseiszeit wurde das Marbachtal durch die Eis- und Wassermassen des Emmegletschers vertieft. Nach dem Rückzug des Gletschers konnte der Steiglenbach seinen früheren Unterlauf nicht mehr erreichen und folgte dem übertieften Marbachtal (95, 785).

Die ansehnliche Breite des Schärligtales wurde durch die risseiszeitlichen Gletscherwasser geschaffen, die dem Eislappen entströmten, welcher vom Marbachtal in den Schärlig vorgedrungen war, was durch die erratischen Blöcke in der Buchschachenregion erwiesen ist.

Der heutige Schärligbach fließt in einer Rinne, welche bis 8 m tief in diluviale Schotter eingeschnitten ist.

Wie das Schärligtal, hat auch das landschaftlich so hübsche Gummentälchen, das bei Kröschenbrunnen seinen Ausgang hat, während der Risseiszeit eine beträchtliche Erweiterung erfahren. Es stellt heute ein Trockental dar, und wird nur von einem kleinen Wässerlein durchflossen. Der flache Talboden, der bis 200 m breit wird, ist sehr wahrscheinlich eine diluviale Schotterauflage. Leider fehlen die Aufschlüsse. Das Tal liegt auf 950 m Höhe, 180 m über dem Talboden der Ilfis.

3. Über das Alter der Terrassensysteme und Glazialbildungen im Gebiet zwischen Emme und Ilfis.

Wie in der Einleitung gezeigt wurde, haben die Quartärgeologen ganz verschiedene Auffassungen vom Alter der Terrassen.

Die einen rechnen die tiefste Terrasse zur Niederterrasse, während die andern die heutigen Talsohlenschotter als Niederterrasse (und zum Teil als Hochterrasse) in Anspruch nehmen.

Die mittlere Terrasse repräsentiert nach den einen Autoren den Talboden der Riss-Würm-Interglazialzeit, nach den andern den der Günz-Mindel-Interglazialzeit. Dagegen sieht GERBER in der Mittleren Terrasse die Niederterrasse (157, 495).

Die gleichen Meinungsverschiedenheiten herrschen über das Alter der Schotter- und Moränenvorkommnisse. NUSSBAUM und ANTENEN (mündliche Mitteilung) verweisen alle diese Bildungen, inklusive der erratischen Blöcke, vom heutigen Talboden bis zur höchsten Lage ihres Vorkommens, in die Risseiszeit. AEBERHARDT ist der Ansicht, dass den Ablagerungen über dem Niveau der mittleren Terrasse ein höheres Alter zukomme.

Nach meinem Dafürhalten lässt sich die Altersfrage innerhalb des Untersuchungsgebietes allein nicht beantworten, und ich möchte diese daher noch offen lassen.

Die Terrassenschotter bieten keinen Anhaltspunkt für die Altersbestimmung; sie können glazialer oder interglazialer Entstehung sein. Eine direkte Verknüpfung mit Moräne findet sich bei T₁ und T₂ nicht oder ist wenigstens nirgends freigelegt.

Nun ist bekannt, dass der würmeiszeitliche Aaregletscher nicht ins Emmental vorzudringen vermochte. Folglich müssen die beschriebenen Moränen einer älteren Vergletscherung angehören. Allgemein wurden die bisherigen bekannten derartigen Bildungen der Risseiszeit zugeschrieben. Im Gebiet zwischen Emme und Ilfis waren bisher diese Moränen noch nicht bekannt. Wie gezeigt wurde, liegt die tiefste (Hirsmatt) auf 770, die mittlere (Neuenschwand) auf 950 und die höchste (Kelli) auf 1070 m Höhe. Ich finde es nun nicht ohne weiteres berechtigt, alle diese Bildungen, deren maximale Höhendifferenz 300 m beträgt, als gleichaltrig zu betrachten.

Wenn die Entstehung der mittleren Terrasse in die Günz-Mindel-Interglazialzeit verlegt wird (NUSSBAUM), so finde ich es keineswegs ausgeschlossen, dass die höchsten Moränen mit den älteren Eiszeiten koinzidieren. Man besitzt noch zu wenig Kenntnisse von der Ausdehnung der Günz-Mindelvereisung, um die Möglichkeit einer Beziehung zwischen diesen Vergletscherungen und den Moränen des Emmentals kurzweg zu leugnen. Ich möchte daher in Übereinstimmung mit AEBERHARDT bemerken, dass in den höheren Glazialablagerungen des oberen Emmentals prä-risseiszeitliche Bildungen vorliegen können.

Es müssen vorerst die Zusammenhänge mit Gegenden gesucht werden, für welche das Alter der Glazialbildungen sichergestellt ist. Nur dadurch wird es möglich werden, die Verhältnisse richtig zu beurteilen.

Späteren Arbeiten bleibt es vorbehalten, diese Beziehungen herauszufinden und die Probleme in grossem Zusammenhang zu behandeln.

4. Erratische Blöcke.

Ausser den bisher beschriebenen Ablagerungen zeugen viele erratische Blöcke von der diluvialen Vereisung des Emmentales.

Es handelt sich um Blöcke des Emme- und Aaregletschers. Der Emmegletscher lieferte keine typischen Gesteine, die nicht auch in Moränen des Aaregletschers enthalten sein können, wie z. B. Schrattenkalk und eocäne Sandsteine. Nach der Verbreitung dieser Gesteinsarten lassen sich die Areale der beiden Gletscher nicht gegeneinander abgrenzen, wohl aber beweisen die Gneise und Granite des Aarmassivs, die Eisensandsteine und Malmkalke die ehemalige Anwesenheit des Aaregletschers. Ebenso sind die Habkerngranitblöcke für diesen letzteren bezeichnend, denn es hat sich gezeigt, dass dieselben erst in Gesellschaft der typischen Aareblöcke auftreten. Diese erscheinen erstmals im Bärbachgraben bei Eggwil und weisen darauf hin, dass zur Risseiszeit ein Arm des Aaregletschers durch das Röthenbachtal ins Emmental vorgedrungen ist. Südlich des Bärbaches finden sich nur Kreidekalke und Hohgantsandsteine des Emmegletschers, aber keine Habkerngranite. Diese werden demnach nur durch Aareeis ins Emmenttal verfrachtet worden sein, nicht durch den Emmegletscher, wie KAUFMANN angenommen hatte.

Die Eisflut des Aaregletschers stand so hoch, dass sie auch die Wasserscheide zwischen Emme und Ilfis übersteigen und ihr Blockmaterial auf den Höhen und in den Seitengraben des Ilfistales absetzen konnte.

Die Grösse der Blöcke schwankt zwischen $\frac{1}{2}$ und 15 m^3 . Die Mehrzahl bleibt aber unter 1 m^3 .

Die grössten und zugleich die höchstgelegenen Findlinge des Untersuchungsgebietes liegen auf dem oberen Steinboden (Höhe 1150). Es handelt sich um eine Blockpartie, bestehend aus zwei grossen Gneisblöcken des nördlichen Aarmassivs, die sich teilweise überdecken. Schon KAUFMANN hat die Blöcke beschrieben und abgebildet (40, 466/467).

Ihre Gesteinsart ist verschieden: Der untere Block ist sehr quarzreich, der obere dagegen bedeutend basischer.

Die Maximaldimensionen der ganzen Partie belaufen sich auf $7 \times 4,5 \times 1,7 \text{ m}$. Jeder der beiden Blöcke misst zirka 15 m^3 .

In der Karte wurden nur die bedeutenderen Blöcke eingezeichnet, viele kleine, die oft scharenweise auftreten (besonders in den Bachtobeln), konnten nicht vermerkt werden.

Dabei wurden in den Signaturen nach Gesteinsart und Herkunft vier Unterscheidungen durchgeführt:

1. Granite und Gneise des nördlichen Aarmassivs.
2. Habkerngranite.
3. Dogger-Eisensandsteine und Malmkalke des Aaregebietes.
4. Kreidekalke, Horgantsandsteine und Molassesandsteine des Aare- und Emmegebietes.

Die Fundorte der wichtigsten Blöcke sind in der folgenden Tabelle zusammengestellt.

Das Erratikum ist in den Seitenbächen der Emme bedeutend häufiger als in denjenigen der Ilfis, und unter den ersteren sind wieder die Tobel in der Umgebung von Eggwil durch ihre Blockführung besonders ausgezeichnet. Von dieser Zone nimmt die Häufigkeit der Findlinge sowohl gegen Schangnau als gegen Schüpbach hin ab. Dies erklärt sich ohne Schwierigkeit, wenn man bedenkt, dass der risszeitliche Aaregletscherarm von Röthenbach her in unser Gebiet eindrang. Die Tobel von Eggwil, die sich dem Röthenbachtale gegenüber öffnen und zum Teil in der Richtung mit diesem übereinstimmen, wurden natürlich in erster Linie von dem vorrückenden Eise erfüllt und waren deshalb durch ihre Lage für den späteren Blockreichtum prädestiniert.

Weitaus am zahlreichsten finden sich die Blöcke in den Gräben, während sie auf den Höhen seltener anzutreffen sind. In den Gräben liegen natürlich die wenigsten an ihrer primären Ablagerungsstätte; die meisten sind von den steilen Bachgehängen früher oder später abgestürzt.

Rhoneerratikum wurde im ganzen Gebiet nirgends bemerkt.

Verzeichnis der grösseren erratischen Blöcke im Gebiet zwischen Emme und Ilfis.

Lokalität		Höhe	Ungefähre Grösse m ³
Granite und Gneise des nördlichen Aarmassivs	Bärbachhaus, Bärbach	800	8
	Hinter Geissbach.	850	1
		870	1,2
	Ob. Steinboden, Blockpartie	1150	2,15
	Vorder Geissbach	790	1
		810	1
		850	1
		890	1
	Kelli, an der Strasse Eggwil-Blapbach.	1065	1
	Mättenbach bei Eggwil.	785	0,5
	Höllgraben bei Eggwil	775	1
		800	1
	Ortbach bei Trubschachen	810	0,7
	Ramserengraben	770	0,3
	Ramserengraben (Hüpfbodengraben)	875	0,3
		835	2
	Bürg südlich der Horbenbrücke	780	0,5
		790	0,5
	Bächlein, das östlich der Horbenbrücke in die Emme fliesst . .	735	2
	Absackung von Horben südlich Äschau	780	0,4
	Krattengraben (der bei Äschau in die Emme mündet).	840	0,5
	Krattengraben	920	0,5

	Lokalität	Höhe	Ungefähre Grösse
			m²
Haberngranite	Hinter Geissbach	870	0,6
		900	1
	Vorder Geissbach	825	0,5
	Hinter Blapbach	1150	
	Badschwand (am Weg nach Sauermettlen)	1020	
	Badschwand	1060	
		1010	2
		1030	1,5
	Bächlein östlich von Vorder Blapbach	1040	3
		960	1
		910	1
		1000	1
		1020	2
	Rechter Zufluss dieses Bächleins, in nördlicher Richtung von	1030	0,5
	Punkt 1117 herabfliessend	1035	0,5
		1040	1,5
		1055	0,5
		1070	0,5
		990	
	Buchschwandbach, oberste Gabelung	1005	
		1020	
		1075	
	Bärlochgraben westlich unterhalb Ober Hauenen	1080	
		1090	
	Mättenbach bei Eggwil	775	
		780	1
	Höllgraben bei Eggwil	820	5
		840	2
		865	2
	Wysslerngraben bei Eggwil	765	0,3
		830	
	Finsterbach	870	1
		900	1
	Östlicher Zufluss des Finsterbaches, vom Girschgrat herabfliessend	890	
	Steinbach bei Trubschachen	865	
		885	0,3
		785	
	Krümpelgraben bei Trubschachen	800	
	Krümpelgraben, Zuflüsschen von Vorder Rothenfluh	830	
	Krümpelgraben, Hegigraben	910	
	Krümpelgraben, Zusammenflussstelle des Hegi-Müsergrabens . .	860	
		870	
	Krümpelgraben, Müsergraben	900	
	Krümpelgraben, Bach, der nördlich von Vorder Blapbach entspringt	850	1
		955	
	Bircheneggknubel, Höhe zwischen Krümpelgraben und Ortbach .	960	
		800	0,5
	Ortbach	810	1,5

	Lokalität	Höhe	Ungefähre Grösse m ³
Habkerngranite	Teufenbach	800	1
	Teufenbach, unterster Seitenbach von rechts	820	0,5
	Margunggraben (Zufluss des Finsterbachs)	830	1
	Graben östlich von Rappenfluh (zwischen Äschau und Bubenei)	850	2
	Bühlgraben, Hühnerbach (Langnau)	735	0,5
	Mühlebach (Langnau), unterster Nebenbach von rechts	850	
	Ilfisgraben, oberste Gabelung westlich der Hochwacht	920	
	Brunnmattweidli, am Fusse der tiefsten Terrasse	740	0,6
Dogger, Eisensandsteine und Malmkalke des Aaregebietes	Bärbachhaus, Bärbach	930	
	Hinter Geissbach	655	
	Steinboden, Punkt 1042	840	2
	Vorder Geissbach	850	1
	Kelli (an der Strasse Eggiwil-Blapbach)	1042	
	Graben unterhalb Moosweidli, Eggiwil	800	1
	Mättenbach bei Eggiwil	900	2
	Höllgraben bei Eggiwil	920	3
	Graben von Wysslern (Eggiwil)	1065	3
	Graben der östlich der Horbenbrücke in die Emme fliesst	830	2
	Absackung bei Horben südlich Äschau	790	40
	Krattengraben	800	3
	Graben, der nördlich Bad abfliesst und in den Krattengraben mündet	780	0,7
	Winkel bei Schangnau	805	1
	Graben bei Untergass (zwischen Marbach und Wald)	820	1
	Stäckis südlich Marbach	830	1
Kreidekalke und Horgansandsteine des Aare- und Emmegebietes	Graben südlich Neuhausbuchschächli (Marbach)	860	1
	Spiesgraben, Buchschachen	770	0,5
	Buchschachengraben	735	2
	Graben westlich von Unterbergli, Westseite des Schärlihtales	780	
	Sonnstliigraben, Westseite des Schärlihtales	830	0,5
	Äschbachgraben	850	0,6
	Winkel bei Schangnau	910	
	Graben bei Untergass (zwischen Marbach und Wald)	920	
	Stäckis südlich Marbach	970	
	Graben südlich Neuhausbuchschächli (Marbach)	950	

Lokalität		Höhe	Ungefähre Grösse m ³
Kreidekalke und Hohlansandsteine des Aare- und Emmegebietes	Schopfgraben	830	
		845	
		860	
	Bärbach	810	
	Bärbachhaus	840	1
		840	
	Bärbach	840	
		905	
	Hinter Geissbach	930	
		780	0,5
		785	0,5
		790	1,5
		790	
		800	
		815	
	Vorder Geissbach	840	
		850	1
		860	1
		880	1
		815	
		820	
		835	
		840	
	Tagweidligraben nordwestlich von Hinter Rämigummen . . .	1020	
		1050	
	Kelli	1065	
	Badschwand	1040	0,6
		785	1
	Mättenbach bei Eggiwil	830	
		850	
	Höllgraben bei Eggiwil	830	1
		855	
		770	0,6
	Wysslerngraben bei Eggiwil	780	0,5
		790	0,5
		800	
	Nördlich Sonnhalden (zwischen Eggiwil und Dieboldswil) . . .	825	
	Graben, der gegenüber Holzmatt in die Emme mündet . . .	780	
		790	
	Weg, der vom Hasensprung zum Finsterbach führt	860	0,3
	Finsterbach	880	0,7
		815	
	Margunggraben (Zufluss des Finsterbachs)	820	
	Graben östlich der Horbenbrücke	750	1
	Absackung von Äschau	780	
	Krattengraben	810	
	Krattengraben, Multen	960	0,6

Lokalität		Hohe	Ungefähre Grösse m ³
Kreidekalke und Hohlkalksandsteine des Aare- und Emmegebietes	Graben, der von Multen nach der Bubeneisäge hinabzieht	750	0,5
	Steinbach bei Trubschachen	810	0,3
	Krümpelgraben bei Trubschachen	810	
	Ramserengraben	780	
	Ramserengraben, Lingummengraben	830	0,5
		840	1
	Hühnerbach, Fuchslochgraben	820	1
		840	2
	Hühnerbach, Bühlgraben	845	
	Mühlebach bei Langnau	740	0,6
	Mühlebach, unterster Zufluss von rechts	750	
	Ilfisgraben	825	
	Brunnmatt, Kante der tiefsten Terrasse	665	

In diesem Verzeichnis sind nur die grösseren Blöcke verzeichnet und auch diese nicht in ihrer Gesamtheit. Man begegnet nicht selten Stellen, wo die Blöcke geschart liegen und alle eine ansehnliche Grösse besitzen. Ausserdem gibt es aber noch eine Masse kleiner, nur einige Kubikdezimeter grosse Blöcke, die lange nicht alle notiert werden konnten.

Ein Block von Taveyannazsandstein liegt im Vorder Geissbach (Eggiwil); dies ist der blockreichste Graben im ganzen Gebiet.

5. Das Querprofil der Seitengräben.

Zum Schluss möge noch einer morphologischen Eigentümlichkeit gedacht werden, die das Querprofil der Gräben und Bachtobel fast allenthalben zeigt, nämlich die Kombination aus zwei ineinandergeschachtelten Einschnitten. Der obere Teil des Querprofils bildet eine flachere oder steilere, U-förmige Kurve, in welche sich die untere Profilpartie V-förmig einsetzt. Dieses kombinierte Profil deutet auf zwei Erosionsperioden hin. Der U-förmige Einschnitt entspricht einem ehemaligen reifen Tal, in welches sich der Bach die gegenwärtige, V-förmige Schlucht eingeschnitten hat. Bei einigen Tälern ist indessen auch dieser junge Einschnitt stark ausgeweitet, und der alte, U-förmige Talboden bildet nur noch schmale Terrassen an den beidseitigen Gehängen. Besonders schön beobachtet man diesen Typ beim Krümpelgraben (Trubschachen). Noch enge Schluchten durchfliessen dagegen die Bäche der Nagelfluhregion von Eggwil (Schopfgraben-Kohlgraben, Bärbach-Gustilochgraben, Hinter Geissbach, Vorder Geissbach). Der junge Einschnitt besitzt durchschnittlich 20 m Tiefe, und seine Wände fallen senkrecht ab. Das gleiche Profil ergibt sich auch für die Emme beim Rebloch, worauf ANTENEN aufmerksam gemacht hat (95, 784).

Diese Verhältnisse deuten im ersten Moment auf ein jugendliches Alter der letzten Vertiefung hin.

ANTENEN schreibt bezüglich des Reblochprofils: «Ich möchte den U-förmigen Einschnitt als das Flusstal der Riss-Würm-Interglazialzeit betrachten und den V-förmigen, das eigentliche Rebloch, als das seit der letzten Eiszeit entstandene junge Erosionstal» (95, 784).

Dieser Ansicht von der postdiluvialen Entstehung der engen Erosionsfurchen kann man entgegenhalten, dass den relativ geringen Wassermengen, die gegenwärtig die Gräben durchfliessen, kaum ein solcher Erosionsbetrag gebucht werden darf, so dass für die letzten Einschnitte auch ein wesentlich höheres Alter angenommen werden kann.

O. FREI und NUSSBAUM vertreten die Auffassung, dass die Napftäler in ihrer heutigen Form schon vor dem Eintreffen der Würmvergletscherung, ja, eventuell schon vor der Rissvereisung bestanden

haben (85, 99). NUSSBAUM schreibt: «Die Erhaltung so scharfer Erosionsformen ist allerdings auffallend; sie erklärt sich vielleicht in der Annahme, dass das Gebiet nur vorübergehend vom Gletscher überflutet worden ist, der hier nicht erodierte, sondern nur da, wo er längere Zeit stationär blieb, wie in den Zentraldepressionen» (99, 15).

Übersicht der Diluvialbildungen im Gebiet zwischen Emme und Ilfis.

Benennung und Vorkommen		Mittlere Höhe über dem heutigen Talboden
Terrassen	<i>Tiefste Terrasse</i> (teils Aufschüttungsfläche, teils Erosionsfläche) Schüpbach, Brauchbühl, Bembrunnen, Ilfisbühl, Bösacker-Führen (östlich Langnau), Blapbach bis Trubschachen.	15 m
	<i>Mittlere Terrasse</i> (teils Aufschüttungsfläche, teils Erosionsfläche) Häleschwand, Mättenbergfeld, Ilfisstalden, Hängelen, Wingeibergli, Unter Bramerboden, Blapbachbergli, Häleschwand, Bürg, Giebel, Äbnit, Gisenberg, Innenberg.	55 m
	<i>Höchste Terrasse</i> (Akkumulationsterrasse) Gartegg, Neuenschwand, Hegenalp.	170 m
Moränen Emmegletscher, Aaregletscher	<i>Moräne von Hirsmatt</i> (770 m)	110 m
	<i>Moräne von Neuenschwand</i> (950 m)	200 m
	<i>Moräne von Kelli</i> (1070 m)	320 m
	<i>Moräne von Schangnau und Wald</i>	Boden des heutigen Marbachtales
Erratische Blöcke	<i>Blöcke des Aaregletschers:</i> Gepresste Granite, Gneise, Aplite; Dogger-Eisensandsteine, Malmkalke, Tschingelkalke, Kieselkalke, Schrattenkalke, eocäne Sandsteine.	
	<i>Blöcke des Emmegletschers:</i> Valangienkalke, Kieselkalke, Schrattenkalke, Hohgantsandsteine, stampische Molassesandsteine, Kalknagelfluh.	

II. Alluvium.

1. Felsstürze.

Ein kleines Sturzgebiet ist am Fusse der Nagelfluhwände bei Wald anzutreffen. Es handelt sich um kleine Blockstürze. Die Sturzblöcke haben verschiedene Grössen. Häufig messen sie mehrere Kubikmeter. Die grössten kommen in ihren Dimensionen einer Scheune gleich.

Einen unbedeutenden Felssturz begegnet man bei Kalberweidli, am N-Ende der Geisshaldenegg, 1,4 km nordöstlich von Vorder Rämigummen.

2. Sackung.

Eine Sackung von 700 m Länge findet sich bei Horben, südlich Äschau. Ein grosser Nagelfluhkomplex hat sich vom Hang losgelöst und ist abgesunken. Oberflächlich ist die abgesackte Masse stark verrutscht. Die Sackung von Horben ist die einzige im Untersuchungsgebiet.

3. Rutschungen.

Rutschungen sind sehr verbreitet, vor allem im Gebiet der schiefgestellten Schichten. In den meisten Fällen handelt es sich um Felsplattenrutschungen, die durch das Auftreten mergeliger Schichten in der Nagelfluh bedingt wurden.

Weitaus die grösste Plattenrutschung trifft man bei Blapbach. Ihr Areal misst zirka 1 km². Die Ursache liegt in der Unterlagerung der Nagelfluh durch den Mergelkomplex an der Basis des Tortons.

Diese Mergel sind an verschiedenen Stellen aufgeschlossen. Abgerutscht ist eine Partie der Nagelfluhmassen, welche einst die Höhen des Hohwürzhogers und von Ober Hauenen verbunden hatten, die heute durch eine 60 m tiefe und 400 m breite Lücke getrennt werden. Dies war auch KAUFMANN nicht entgangen, denn er schreibt (40, 441):

«Der Krümpelgraben hat sein Ursprungsgebiet in dem grossen Kessel von Blapbach, Bärloch und Krümpelhütte. Kessel und Graben sind rechts und links eingefasst von Nagelfluhlagern (Abstürzen, Bändern); auch die Sohle besteht aus Nagelfluh. Es ist offenbar, dass der Kessel durch Entfernung eines Schichtlappens entstanden ist, sei es durch Rutschung, sei es durch Erosion, und ein bedeutender Mergelkomplex, welcher zu einem solchen Vorgang disponieren konnte, ist vorhanden, genügende Schiefelage ebenfalls.»

Weitere grosse Rutschungen befinden sich bei Geissbachalp und bei Buchenehaus. Der Boden ist hier wie bei Blapbach wellig und höckerig.

Die Rutschungen nehmen ihren Anfang gewöhnlich am Fusse einer hohen Nagelfluhwand, der Abrissfläche (z. B. Geissbachfluh und Buchenehausfluh). Dies ist die Stelle, von welcher sich das abgeglittene Material losriss. Von hier zieht sich das Rutschgebiet als unruhiges, buckliges Terrain oft mehrere hundert Meter den mehr oder weniger geneigten Hang hinunter.

In der Nähe der Abrisswand sind die Rutschungen oft mit nachgestürzten Nagelfluhblöcken überdeckt. Dies ist besonders der Fall bei den Rutschungen der Geissbachalp, Buchenehaus, Hinter Rämischgummen und Badschwändli.

Ausser den Rutschungen gibt es im Gebiet zwischen Emme und Ilfis eine grosse Anzahl kleinerer Schlipfe, die meist keine grosse Fläche bedecken.

4. Moore.

An Mooren sind zu nennen: Schafrütti (Schärlig), Bühl-Schärligberg (Schärlig) und die Felder östlich und nordöstlich von Pfaffenmoosalp (rechter Hang des Rebloches).

Torfgewinnung findet statt im Moor von Schafrütti und ab und zu in dem schmalen Moorstreifen, der sich von Bühl nach Schärligberg hinzieht (an der Strasse Marbach-Schärlig).

Die Moore verdanken ihre Entstehung einer wasserundurchlässigen Lehmunterlage glazialen Ursprungs.

5. Verwitterungsbildungen.

Ausserhalb der ausgesprochenen Nagelfluhregionen sind die Berggehänge des Untersuchungsgebietes meistens mit einer Kruste eines erdartigen, sandigen oder lehmigen Schuttes bedeckt. Dies trifft besonders an den flacheren Stellen zu, fehlt aber auch den steileren Geländen gewöhnlich nicht. In der Verwitterungsschicht, welche einige Meter dick werden kann, liegen viele Nagelfluhrollsteine.

An verschiedenen Orten sind die Gehänge und Denudationsflächen mit einem Verwitterungslehm überzogen. Bei Birchenegg, wo der Ortbach entspringt, wird dieser Lehm für eine Töpferei abgebaut.

6. Quellen.

Das obere Emmental ist sehr reich an Quellen. Sie lassen sich als Felsquellen, Schuttquellen, Grundwasserquellen und Terrassenquellen unterscheiden.

Felsquellen.

Diese sind selten, da die Molassegesteine des Untersuchungsterrains im allgemeinen als wasserundurchlässig zu bezeichnen sind. Die Mergel und mergeligen Sandsteine sind absolut wasserdicht, und dasselbe gilt auch in den meisten Fällen für die Nagelfluh. Nur wenn diese klüftig ist oder durch Verwitterung oberflächlich gelockert wurde, kann sie Wasser aufnehmen, das dann über den undurchlässigen Schichtgliedern als Quelle austritt. Die Stellen, wo man diesen Quellentyp beobachten kann, sind sehr selten, da das Anstehende fast durchwegs mit Humus und Vegetation bedeckt ist, und die Wasserausstritte meist nur als sumpfige Stellen wahrzunehmen sind. Eine schöne, kleine Nagelfluhquelle findet sich unterhalb des Punktes 1117 im Graben westlich von Hinter Blapbach. Das Wasser fliesst direkt aus der Nagelfluh und ist sehr eisenhaltig. Durch einen Kännel wird es in einen hölzernen Trog geleitet. Kännel und Trog sind mit einem rostroten Überzug bedeckt. Die Kurgäste von Vorder Blapbach schätzen die Quelle als Mineralwasser. Eine chemische Analyse liegt nicht vor.

Schuttquellen.

Weitaus die meisten Quellen gehören zu dieser Gruppe. Als Wasserspeicher ist der Verwitterungsschutt, soweit er nicht aus lehmigem Material besteht, vorzüglich geeignet. Die dichtende Unterlage wird entweder durch Molassefels oder Lehmlagerungen gebildet, sei er nun durch Verwitterung oder Abspülung entstanden oder aber glazialen Ursprungs. Auch die Rutschgebiete sind sehr wasseraufnahmefähig, da hier der Boden durch Zerrungen und Verschiebungen stark gelockert ist.

Die Wasserversorgung von Langnau hat eine Fassung in einer kleinen Rutschung angelegt. Die Stelle liegt bei Stärenegg auf Höhe 970 (östlich des Steinbachs bei Trubschachen). Der Wasserausstritt bildet ein kleines Bächlein, das bei Grauenstein in die Ilfis mündet. Rutschmaterial und Schutt bilden den Wassersammler; die undurchlässige Basis wird wahrscheinlich aus Mergeln gebildet sein, welche auch die Rutschung ausgelöst haben werden. Aufschlüsse fehlen.

Das Wasser dieser Schuttgrundquelle ergab nach einer Analyse von Dr. C. SPRECHER folgende Zusammensetzung:

Freies NO_3	—	Chloride (als C 1)	2,83—2,9
Eiweiss	—	Sulfate	—
Nitrite (NO_2)	—	Karbonate (Ca CO_3)	1,43—1,74
Nitrate (NO_3)	5—5,5	Wärme	7,5—8,5° C.
KMnO_4	—	Ergiebigkeit	30 l/Std.

Grundwasseraufstösse.

Grundwasseraufstösse gibt es im Tal der Ilfis bei Moos, östlich von Grauenstein (zwischen Trubschachen und Kröschenbrunnen). Dann im Eyschachen und bei Winkel matt gegenüber von Emmen matt.

Im Tal der Emme liegen die hauptsächlichen Grundwasserausstritte bei Ludern und Ramsei, in der Umgebung von Äschau. Diese Quellen sind gut bekannt, da sie für die Wasserversorgung der Stadt Bern gefasst sind.

Den Grund für die Wasserausstritte bei Äschau sieht J. HUG in der Verengerung des Emmentales auf der Strecke von Eggiwil bis Äschau (130). Die Talbreite geht auf dieser Strecke von 700 m auf 400 m zurück. Die Differenz zwischen dem Fassungsvermögen der grundwasserführenden Talschotter auf der breiten und engen Talstrecke führt zur Abstossung einer Quelle.

Auch P. ARBENZ ist der Ansicht, dass für die Austritte des Grundwassers im obern Emmental vor allem Verengerungen des Profils durch seitlich vorspringende Sporne massgebend seien (172). Andere wichtige Faktoren für die Bildung von Grundwasserquellen sind nach ARBENZ die Veränderung der Durchlässigkeit und der Zusammenfluss zweier Grundwasserströme.

Das Grundwasser wird auf verschiedene Weise gespiesen. Der aus Schotter und Sand aufgebaute Talboden ist ein Sammelgebiet für dasselbe.

Die Bohrungen und Sondierungen bei Ramsei ergaben, dass unter den Schottergeröllen die Quarzite und Granite überwiegen. Der Schotter ist kalkarm, was die relativ geringe Härte des Grundwassers (zirka 18°) erklärt. Das Porenvolumen wurde zu 15,4 % bestimmt (172, 6).

Nur wo dem Talboden lehmige Schuttkegel aufgesetzt sind, kommt er als Grundwassersammler nicht in Betracht.

Durch die Bohrungen wurde erwiesen, dass das Felsprofil des Emmentales bedeutend tiefer ist als die heutige Talsohle. Nur die Talstrecke im Rebloch dürfte dabei eine Ausnahme machen. Eine solche Übertiefung wird man auch für die Ilfis annehmen müssen.

Ausser dem Talboden sind als Nährgebiete des Grundwasserstromes die seitlichen Gehänge zu nennen, deren Gewässer zum Teil im Talboden versickern.

Alsdann spielen die diluvialen Schotterterrassen als Einzugsgebiet eine grosse Rolle. Wie ARBENZ ausführt, geht das Terrassengrundwasser meist unsichtbar ins Talgrundwasser über und bildet eine bedeutende Verstärkung des letzteren. Schliesslich sind die Flüsse selbst als Grundwasserlieferanten von grösster Bedeutung. Sie geben grosse Wassermengen an das Talgrundwasser ab; in Trockenzeiten tritt aber auch der umgekehrte Vorgang ein, das Grundwasser fliesst in die Flüsse zurück. Diese Kommunikation besteht natürlich nur in jenen Talstrecken, wo der Fluss sein Bett nicht mit Schlick abgedichtet hat. Für das obere Emmental trifft eine derartige Abdichtung nur in verschwindendem Masse zu. Diesbezügliche Untersuchungen haben ergeben, dass die Infiltration eine vollständige ist. Die Flüsse können bis zum völligen Eintrocknen versickern.

Die von der Emme auf der Strecke Rebloch-Äschau an das Grundwasser abgegebene Wassermenge wurde zu 385 l/sek. bestimmt.

Die weitgehende Beziehung zwischen Grundwasser und Flusswasser zeigt sich auch in der Einstellung des Grundwasserspiegels auf den Stand der Flüsse. Die dahingehenden Erhebungen haben ergeben, dass im Gebiet zwischen Eggwil und Schüpbach das Grundwasser direkt von der Emme beeinflusst wird. Bei hohem Wasserstand der Emme ist auch der Ertrag der Quellaufstösse bedeutend grösser und umgekehrt.

Die Ursache für die Grundwasseraufstösse bei Winkelmatt liegt in der Vereinigung der Talböden von Emme und Ilfis. Das Schotterprofil von Emmenmatt an abwärts vermag das aus beiden Talböden zufließende Grundwasser nicht vollständig zu fassen, indem die Breite des Emmentals nach der Vereinigung nicht ganz der Summe der Schotterquerschnitte aus beiden Tälern entspricht. Der Überschuss wird als Winkelmattquellen abgegeben, die ebenfalls für die Stadt Bern gefasst worden sind (130, 101).

Nach der Talbreite ist zu schliessen, dass die beiden Täler an der Vereinigungsstelle ungefähr gleichwertige Grundwasserströme führen werden und sich infolgedessen in nahezu gleichem Masse stauen müssen.

Der langjährige Durchschnitt, der für die Berner Wasserversorgung bei Ramsei-Äschau und Winkelmatt abgeleiteten Wassermenge beträgt 22,578 Minutenliter. Gegenwärtig wird die Fassung ausgedehnt, um den Ertrag auf 25,000 Minutenliter zu steigern.

An der Quellbildung von Moos zwischen Trubschachen und Kröschenbrunnen ist die Talverengung schuld. Die Quelle liefert nach HUG einige tausend Minutenliter.

Quellen der Terrassen.

Wo die Terrassen nicht mit einer Lehmdecke überzogen sind, können die atmosphärischen Niederschläge sowie die kleinen Gewässer der Gehänge in die Schotter einsickern. Diese bilden infolge ihrer löcherigen Beschaffenheit, d. h. wegen des hohen Porenvolumens, ausgezeichnete Sammelgebiete für

Grundwasser. Da nun alle beschriebenen Terrassen unter den Schottern einen Molassesockel aufweisen, so wären an der Grenze zwischen Schotter und Fels kräftige Quellen zu erwarten. Dies ist nun aber selten zu beobachten. Allein, es ist zu bedenken, dass viele Wasseraustritte unter der Schutt- und Vegetationsbedeckung talwärts fließen können und der Beobachtung entzogen bleiben. Einige kleine Quellen finden sich am Abfall der tiefsten Terrasse gegen die Emme, nördlich von Schüpbach. Das an der Grenzfläche zwischen Schotter und Mergel austretende Wasser wird in Röhren zu den links der Emme gelegenen Höfen geleitet oder durch hydraulische Widder zu den Häusern auf der Terrasse gehebert.

Über die Seltenheit der Terrassenquellen berichtet P. ARBENZ (172, 6):

«Dass nicht zahlreichere und grössere Terrassenquellen über Molasse austreten, hängt damit zusammen, dass die Molassefläche, auf der die Schotter aufsitzen, nicht durchgehend gleich hoch liegt und zum Teil wohl unter das Niveau des Talbodens hinabreicht. Die Felsfläche ist nicht als durchgehend anzunehmen, es dürften vielmehr in ihr wahrscheinlich tiefere Rinnen eingeschnitten sein, die, ebenfalls mit Schotter ausgefüllt, dem Terrassengrundwasser den Übertritt ins Talgrundwasser erleichtern. Die Existenz solcher aus der ältern Interglazialzeit stammenden Emmeläufe lässt sich aber zur Zeit an keiner Stelle sicher nachweisen. Die Aufschlüsse sind zu schlecht, und Bohrungen wurden an den entscheidenden Stellen bisher nicht ausgeführt.»

7. Quelltuff.

Quelltuffabsätze sind im Gebiet zwischen Emme und Ilfis eine verhältnismässig seltene Erscheinung. Man trifft sie ab und zu an den Wänden der Bachtobel, als Ausscheidungen von Rieselwässern. Die schönsten Tuffbildungen finden sich am Fusse der tiefsten Terrasse nördlich von Schüpbach. Es sind kleine, steile Kegel, die von den oben beschriebenen Quellen des Terrassengrundwassers abgesetzt wurden. Die Wasser haben sich beim Durchfliessen der Schotter mit Kalk gesättigt, der nachher an der Luft wieder ausgefällt wurde. Die Schotter müssen demzufolge kalkreich sein. Dies trifft voll und ganz zu, da sie durch ein reichliches Kalzitbindemittel verfestigt sind (diluviale oder löcherige Nagelfluh).

8. Die Geschiebe von Emme und Ilfis.

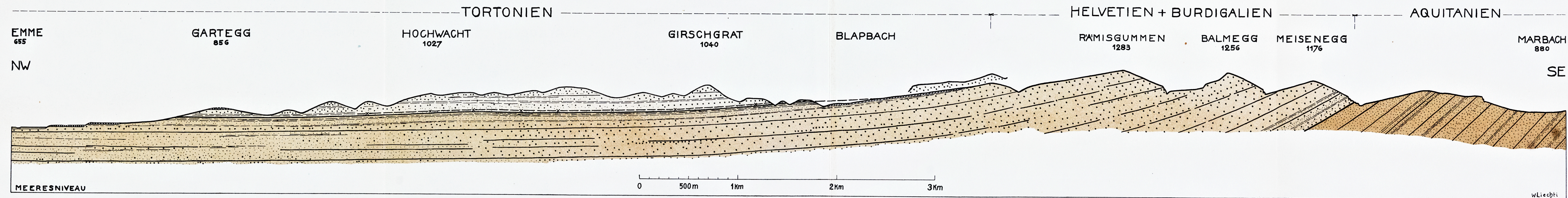
Die Geschiebe der beiden Flüsse setzen sich, wie die Terrassenschotter, aus Nagelfluhgeröllen und Gesteinen der Voralpen zusammen. Von diesen sind Kieselkalke, Schrattenkalke und Hohgant-sandsteine zu erwähnen. Die Kalke, besonders die Kieselkalke, lassen sich meist nur durch ihre Grösse von gewissen Kalkgeröllen der Nagelfluh unterscheiden.

Die Ilfis weist bei Langnau folgende Geschiebezusammensetzung auf:

Kalke	50 %
Quarzite	20 %
Kristalline Gerölle	17 %
Sandsteine	9 %
Hornsteine	4 %.



QUERPROFIL DURCH DIE MOLASSE DES OBEREMMENTALS ZWISCHEN EMME UND ILFIS



RUTSCHUNG
 DILUVIALE SCHOTTER
 KOHLEFLOZ
 MERGEL
 SANDSTEIN
 NAGELFLUH

SCHICHTPROFILE DURCH DEN KOHLEN- HORIZONT AN DER BASIS DES TORTON

RAMSERENGRABEN

HÜPFENBODENGRABEN

NUSSERGRABEN

TEUFENBACH

HEGIGRABEN

MÜSERGRABEN

GRABEN NÖRDLICH VON VORD. BLAPBACH

GRABEN WESTLICH VON UNT. BLAPBACH

HÖLLGRABEN

VII
H 860

VIII
H 860

VIII
H 860

IX
H 875

X
H 930

XI
H 930

XII
H 955

XIII
H 975

XIV
H 1020

HÜHNERBACH

MÜHLEBACH

I
H 810

BÜHLGRABEN

II
H 850

FUCHSLOCHGRABEN

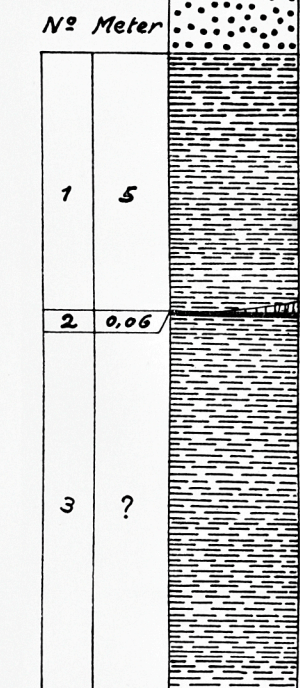
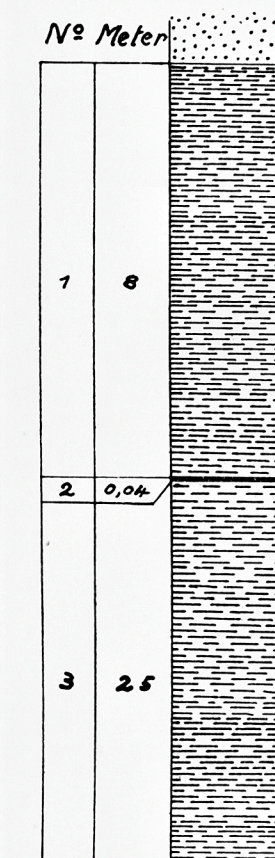
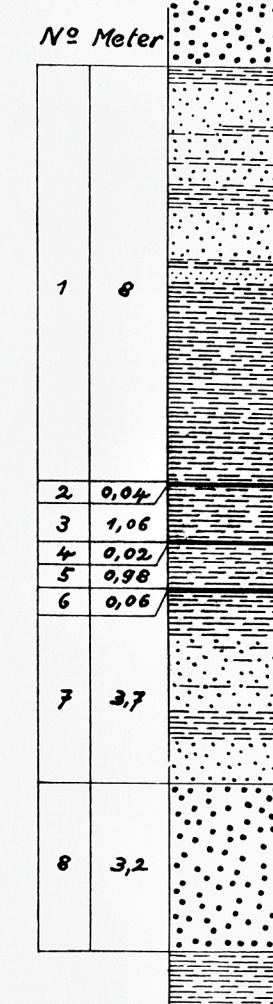
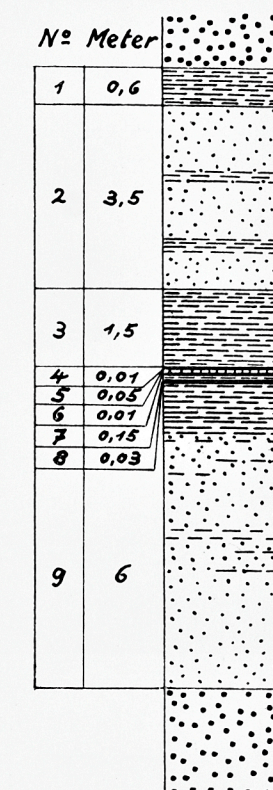
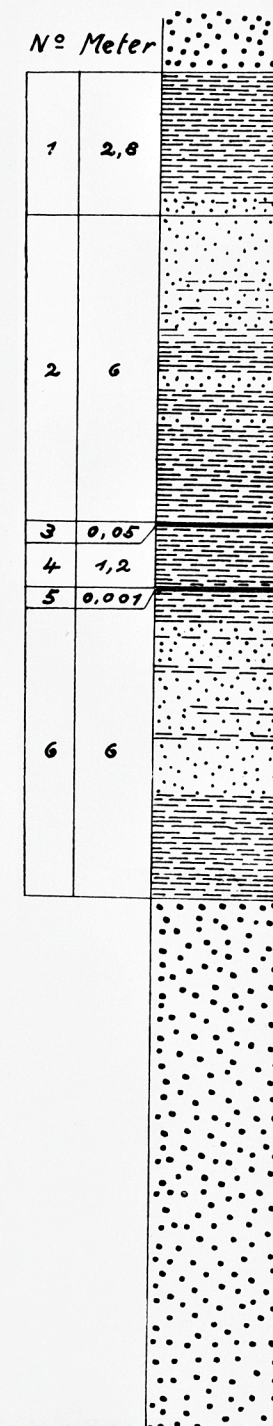
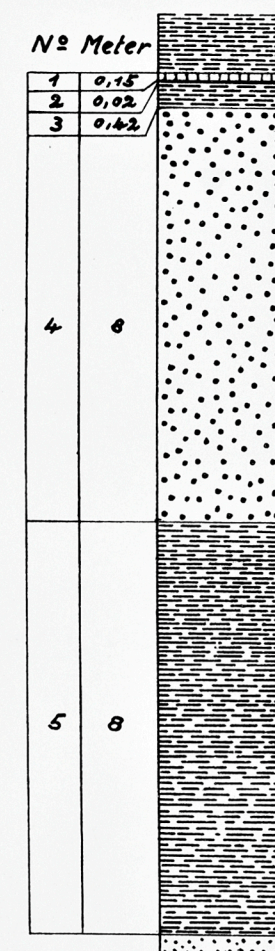
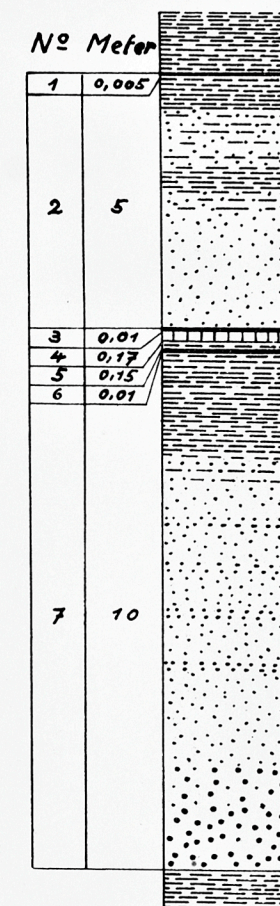
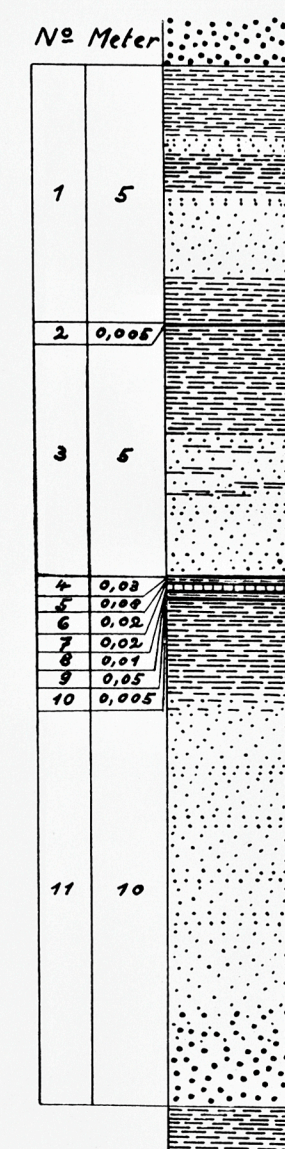
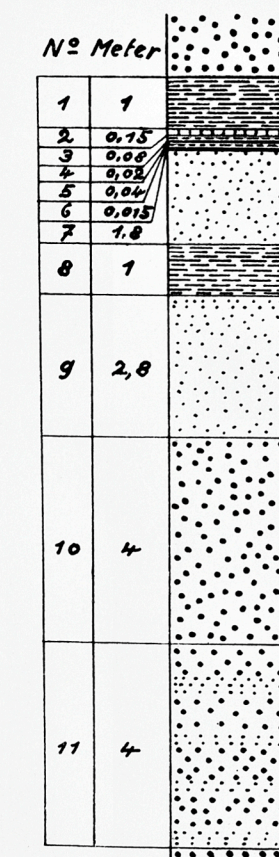
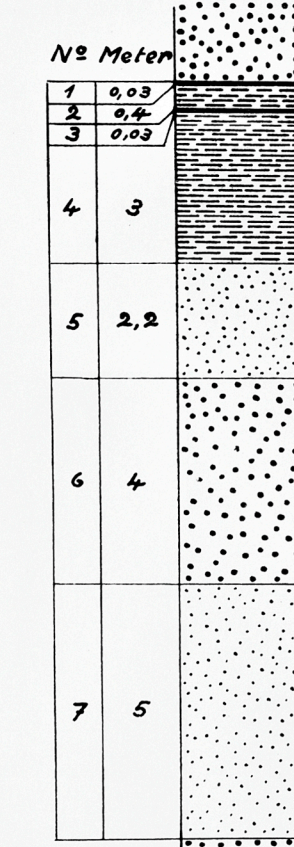
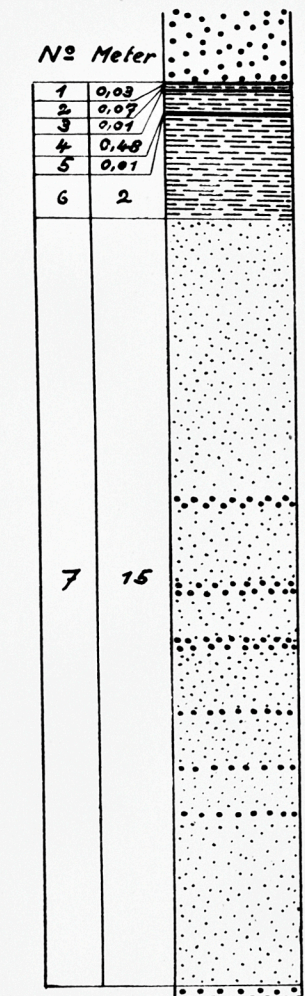
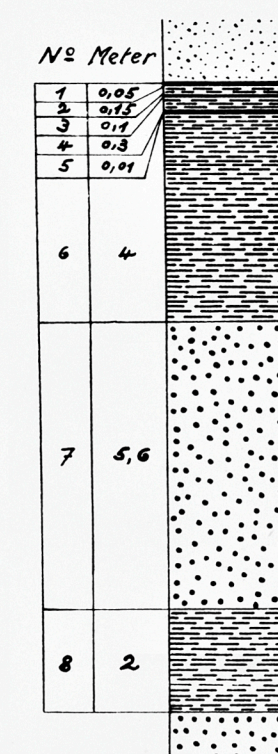
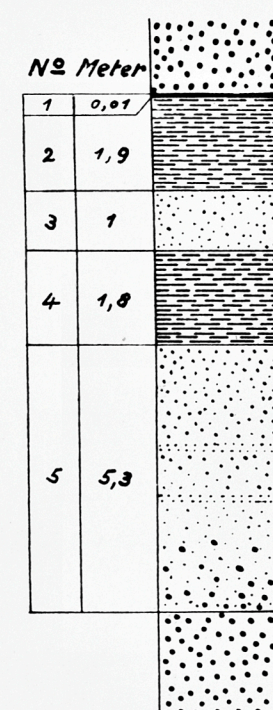
III
H 850

SCHLEIFSTEINGRABEN

IV
H 850

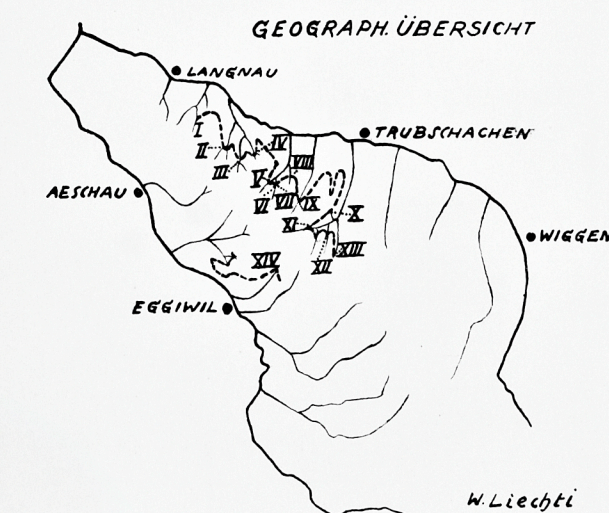
LINGUMMENGRABEN

V
H 860



MÄCHTIGKEIT
0 5m 10m 15m

H HÖHE DES KOHLEFLÖZES
JÜSSWASSERKALK
KOHLE
MERGEL
SANDSTEIN
NAGELFLUH



Nr.	Lokalität	Höhe	Stratigraphische Lage	Prozentuale Häufigkeit der Gerölle										Grösse und Art der grössten Gerölle	Mittlere Geröllgrösse
				1 Rote Granite	2 Grüne Granite	3 ¹⁾ Übriges Kristal- lin	1—3	4 Quarzite	5 Gelbe Sand- steine	6 Übrige Sand- steine	5+6	7 Kalk u. Dolomit	8 ²⁾ Varia		
I	Rutschung im Buchschachengraben	1100	Unteres Burdigalien	5	5	45	55	24		5	5	16		1×1×1 dm; 2×1,5×0,8 dm: 3, 4, 7	Unter Eigrösse
II	Bächlein von Untergass (zwischen Marbach und Wald)	1110	" "	2	7	22	31	33		16	16	20		1×1×1 dm: 3, 4	Baumnussgrösse
III	SE-Wand des Günhorns bei Wald	1120	" "	4	10	18	32	34	1	3	4	25	1 Ra. 5 W. Gr.	2×1×1 dm; Kopfgrösse: 4, 7	Eigrösse
IV	Oberste Gabelung des Buchschachengrabens	1100	" "	4	3	25	32	46		11	11	11		1×0,5×0,5 dm: 3, 4	"
V	Weg v. ob. Buchschachen n. Buchschacheneegg (SE unterh. P. 1216,5)	1180	" "	8	12	24	44	17	2	21	23	14	2 Ra.	2×1×1 dm: 3, 4	Baumnussgrösse
VI	Färzbach bei Schangnau	960	Mittleres Burdigalien	6	1	17	24	38		6	6	32		1,5 dm Durchmesser: 4, 6	Baumnuss- bis Faustgrösse
VII	Weg vom Wachthubel nach Obergühn (W unterhalb d. Günhorns)	1250	" "	8	7	43	58	22		10	10	10		1,5×0,8 dm: 3, 4	Baumnuss- bis Eigrösse
VIII	Wachthubel, E-Seite, 20 m unterhalb des Signals	1400	" "	4	4	14	22	48		20	20	10		Faustgrösse	Baumnussgrösse
IX	Schopfgraben bei Eggiwil	830	Oberes Burdigalien	5	5	27	37	34		5	5	24		1,5×1,5×1 dm; 2×1×1 dm: 3, 4	Ei- bis Faustgrösse
X	Bächlein westlich von Dürrenbach	760	" "	3	3	23	29	33	1	8	9	30	W. Gr., E. Q. S.	2×1,5×1,5 dm: 3, 4, 7	Eigrösse
XI	Rutschung bei Hinter-Rämisgummen	1240	Unteres Helvétien		1	25	26	49		3	3	22	Ap., Pg. W. Gr.	2×1×1 dm	Ei- bis Faustgrösse
XII	Rutschung bei Moosweidli (Hindten bei Eggiwil)	900	Mittleres Helvétien	3		27	31	34	1	4	5	29	1 schw. H. Q. P.	2×1×1 dm: 3, 4, 6	Eigrösse oder kleiner
XIII	Am Weg oberhalb Baumgarten (Trubschachen)	830	" "	1	4	33	38	31		4	4	26	1 Ra.	2×1×0,8 dm: 3, 4, 7	Eigrösse
XIV	Vorderster Nebenbach des Ramserengrabens	760	Oberes Helvétien	3	1	27	31	35	1	5	6	28	S. 1 Ra. P.	2×1×1 dm: 1, 4	Eigrösse oder kleiner
XV	Linker Ilfishang bei Langnau	670	" "	3	1	27	31	30	1	10	11	27	1 Ra. 1 schw. H.	1×1×0,5 dm: 3, 4	Baumnuss- bis Eigrösse
XVI	Rechter Seitenbach des Mühlebachs bei Langnau	730	" "		1	19	20	19	1	17	18	43	Ra.	Kindskopfgrösse: 4	Ei- bis Faustgrösse
XVII	Badschwändifluh bei Blapbach	1070	" "	6	2	26	34	21	3	11	14	31	Q. P.	2×1,5×1 dm: 1, 4, 7	Faustgrösse
XVIII	Äschauflu	810	" "	1	1	20	22	49		5	5	34	Q. P. P.	Kopfgrösse: 4	Baumnuss- bis Eigrösse
XIX	Abriss am Hohwürzhoger	1140	Unteres Tortonien	3	3	32	38	25		7	7	30	Ap.	Kopfgrösse: 3, 4, 7	Eigrösse
XX	Buchenehausflu	1220	" "	2	2	16	20	33		8	8	39	1 Ra.	Kindskopfgrösse: 1, 4, 7	"
XXI	Rothenuh (Krümpelgraben)	950	" "	2	2	18	22	32	1	9	10	37		2×2×1 dm: 1, 3, 4, 7	"
XXII	Rutschung westlich Vorder-Blapbach	1120	" "	2	1	22	25	33		10	10	32	Pg.	1×1×0,6 dm: 3, 4	Baumnuss- bis Eigrösse
XXIII	Oberlauf des Steiglenbaches	930	" "	3	2	23	30	36	1	5	6	28	S.	2,5×2×1,3 dm; 1×1×0,3 dm: 3, 4, 7	Ei- bis Faustgrösse
XXIV	Zwygarten bei Langnau	880	" "	5	3	22	30	35	7	7	14	20	1 Ra., S. Br.	1×1,5×1 dm; 1×0,8×0,5 dm: 1, 3, 4, 6, 7	Baumnussgrösse
XXV	Kiesgrube Ober-Reckenberg	920	Mittleres Tortonien	4	2	20	26	34	1	9	10	29	1 Ra., S. P., W. Gr.	1×0,7×0,5 dm; 1,5×1×0,7 dm: 3, 4, 7	Eigrösse oder kleiner
XXVI	Kiesgrube Hüpfenboden	1040	" "	3	1	28	32	26	1	9	10	32	1 Ra., P. Br., W. Gr.	3×3×2 dm; Kindskopfgrösse: 4, 6, 7	Ei- bis Faustgrösse

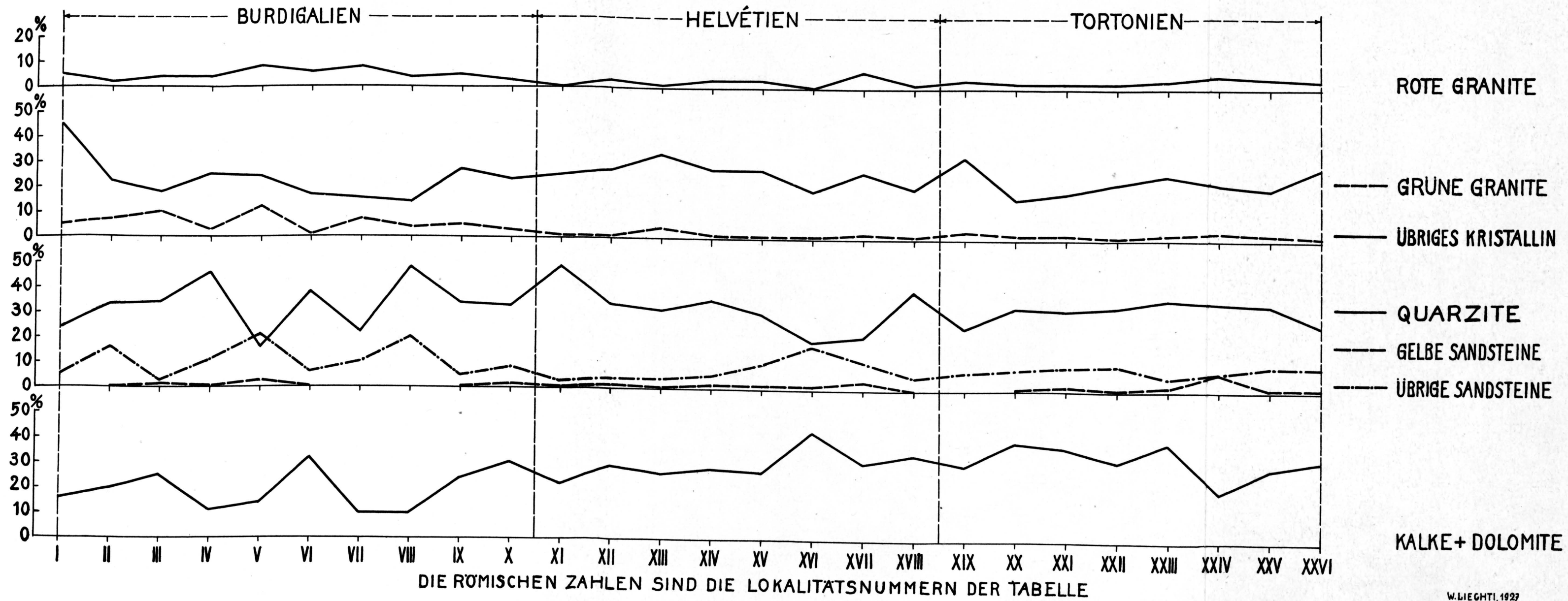
Quartäre Ablagerungen.

XXVII	Schotter von Neuenschwand	890		1	1	20	22	23	2	13	15	40	2 Ra., G. G. P., W. Gr.	1,6×1,3×0,5 dm; 0,6×0,5×0,2 dm: 3, 4, 7	Baumnussgrösse
XXVIII	Schotter von Gartegg	850		2		25	27	44		6	6	22	Ra., Q. P.	1,8×1,5×1 dm: 3, 4	Baumnuss- bis Eigrösse
XXIX	Schotter von Hirschmatt	780		2	1	12	15	27	1	4	5	53	1 Ra., S. Q. P.	1×1×0,7 dm: 4, 7	Baumnussgrösse od. kleiner
XXX	Schotter von Ilfistalden (T ₂)	710		1	1	15	17	37		10	10	35	1 Ra.	Kopfgrösse: 3, 4	Baumnuss- bis Eigrösse
XXXI	Schotter von Schüpbach (T ₁)	660		1	2	20	23	26	1	5	6	45	1 G. G., S. Ap., P.	4×3×2 dm; 3×1,7×1,7 dm: 4, 7	Ei- bis Faustgrösse
XXXII	Geschiebe der Ilfis bei Langnau	677				17	17	20		9	9	50	5 Ra.		

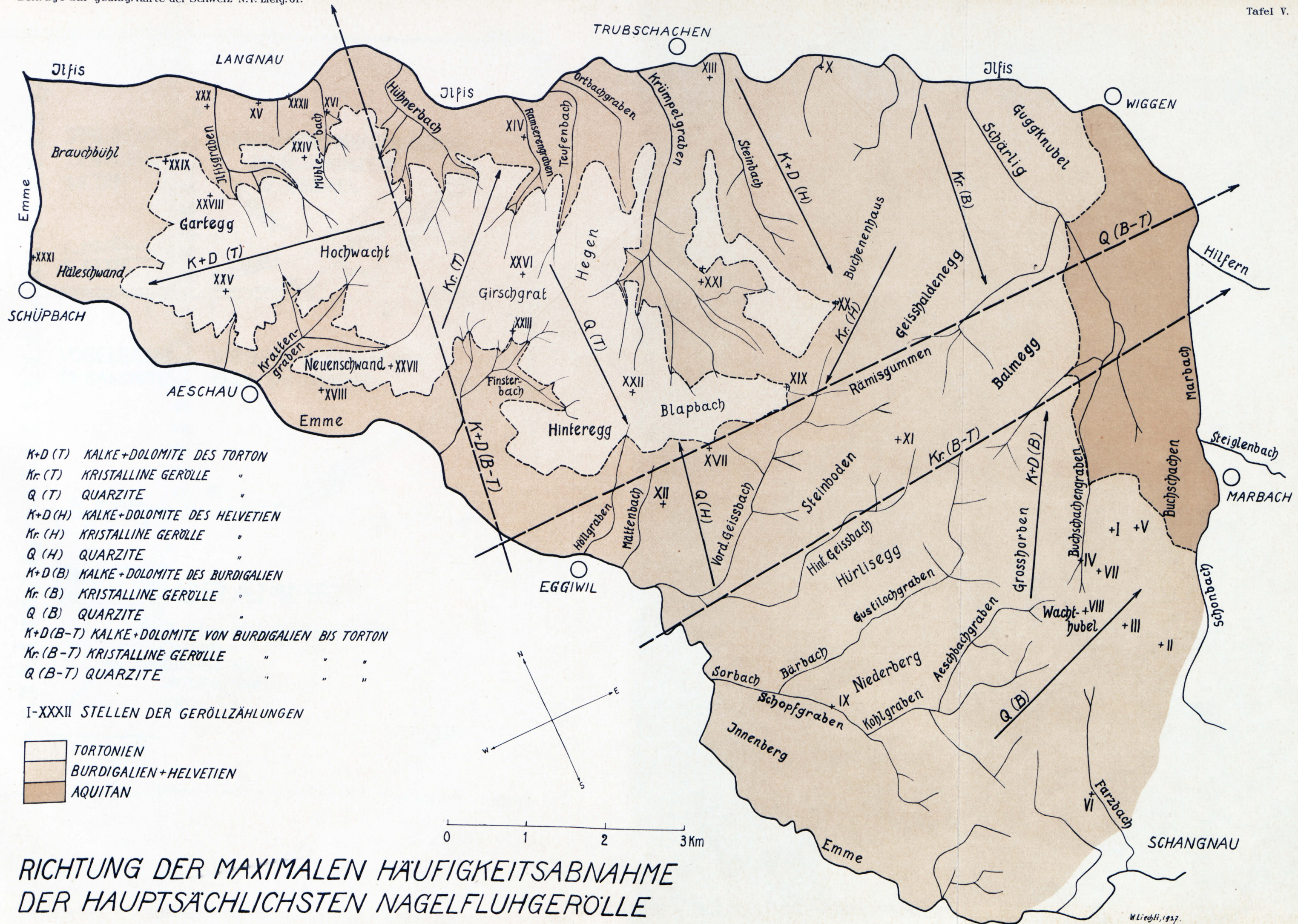
¹⁾ Übriges Kristallin umfasst folgende Gesteine: Gabbro, Diorite, Diabase; weisse, gelbliche Granite, Gneisse; Porphyre, Quarzporphyre, Aplite, Pegmatite, Serpentine.

²⁾ Es bedeuten: Ra.=Radiolarit; W. Gr.=Weisser Granit; E. Q.=Epidotquarzit; S.=Serpentin; Ap.=Aplit; Pg.=Pegmatit; schw. H.=schwarzer Hornstein; Q. P.=Quarzporphyr; P.=Porphyr; Br.=Breccie; G. G.=Gasterngranit.

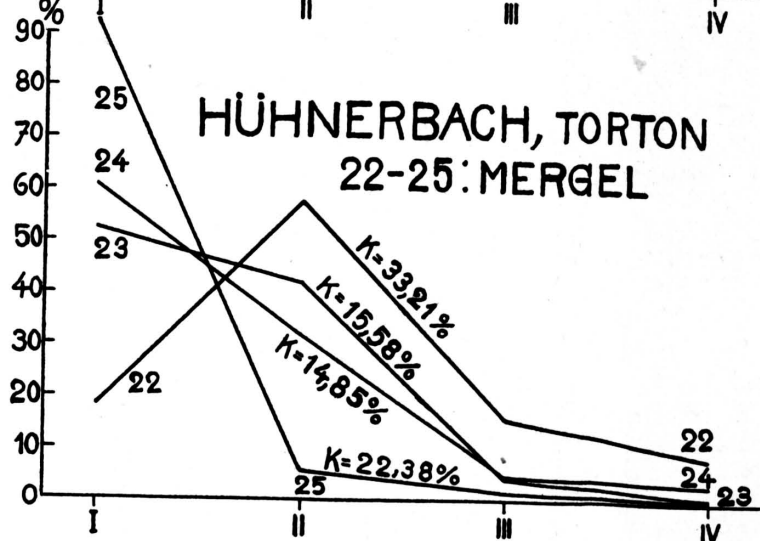
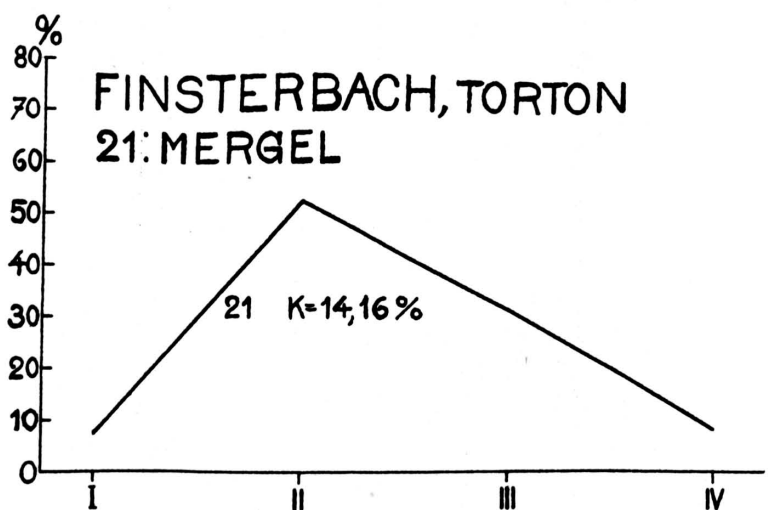
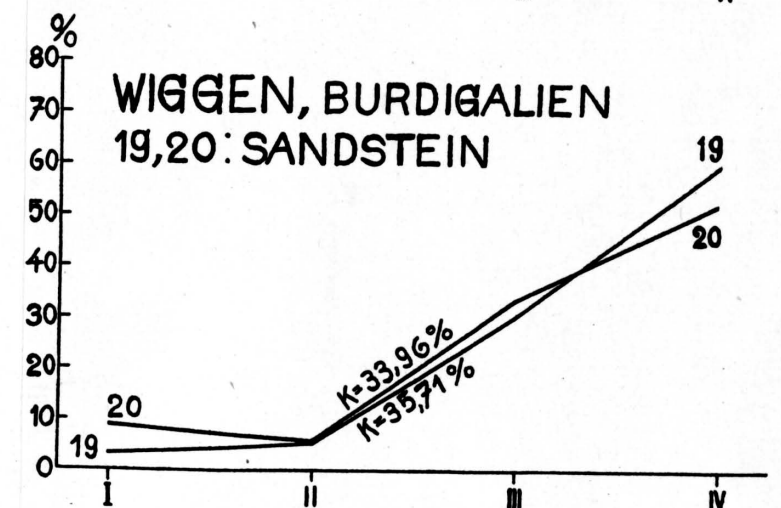
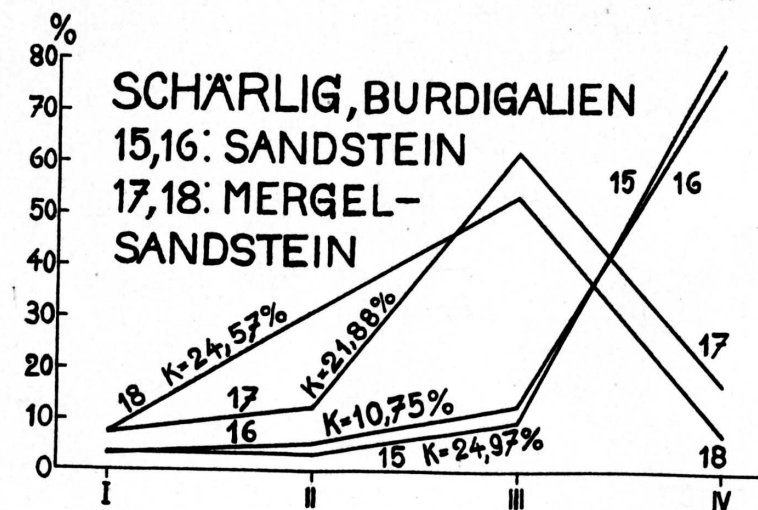
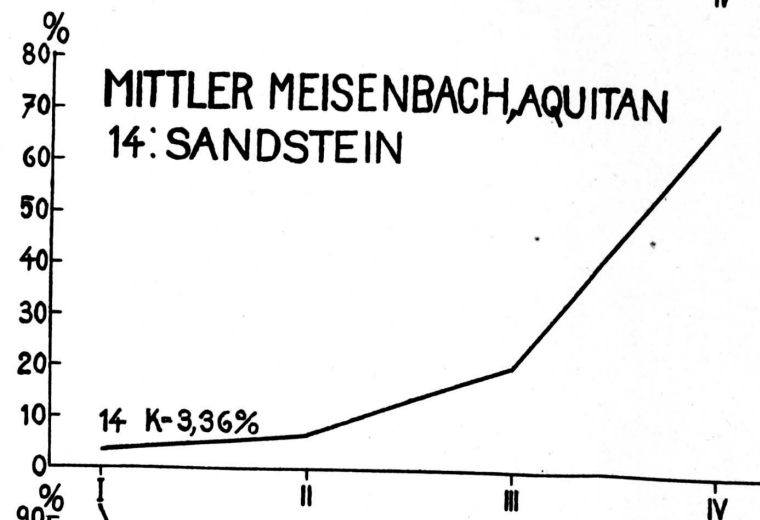
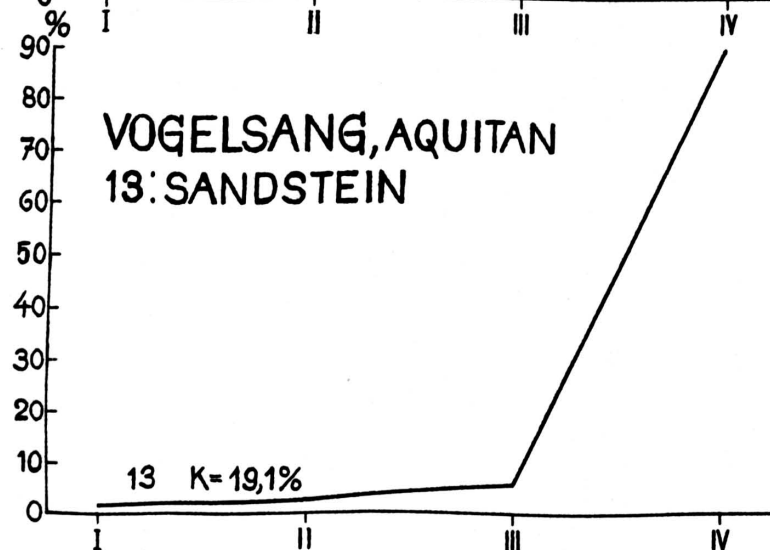
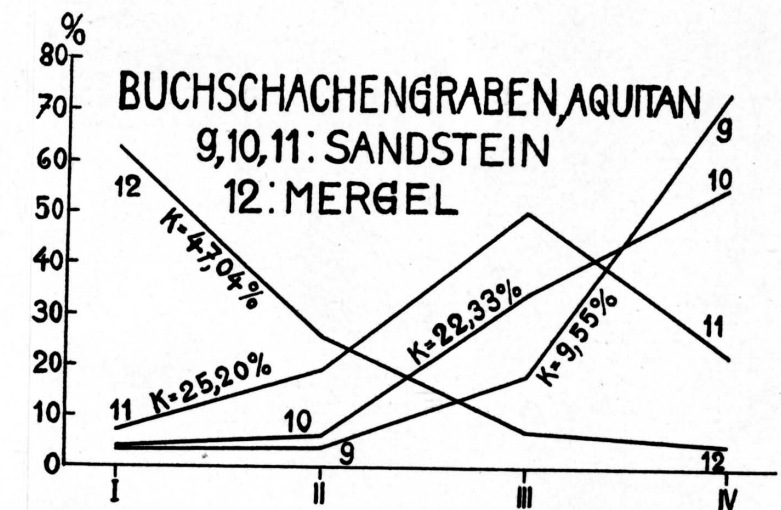
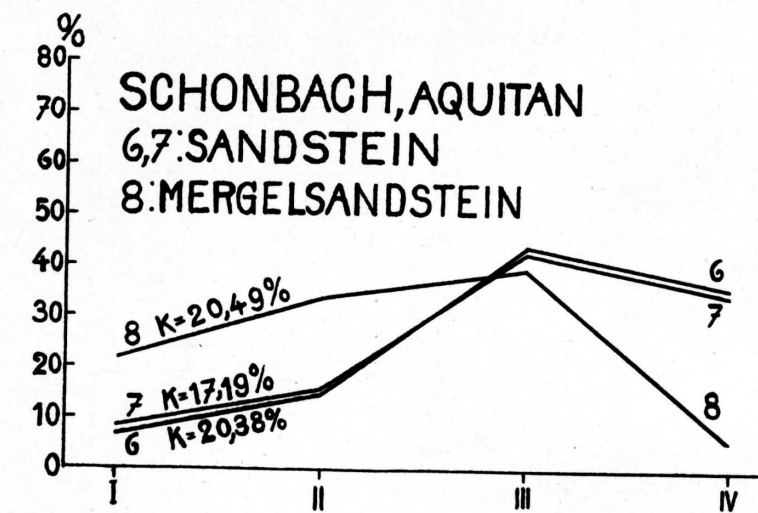
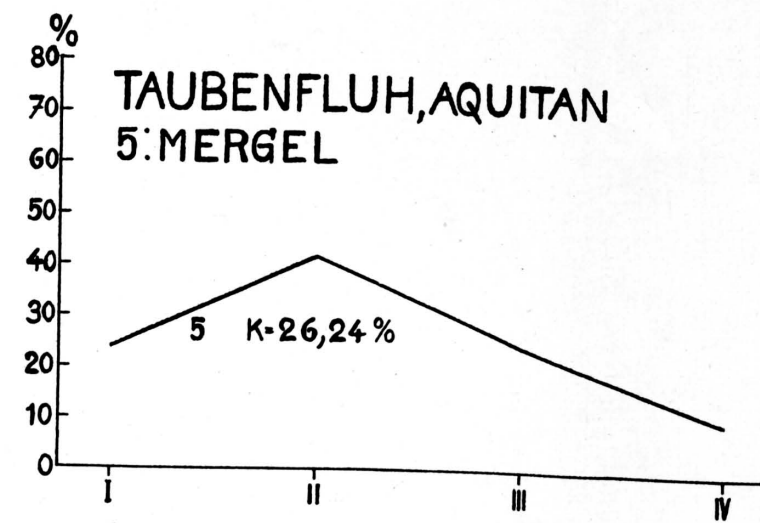
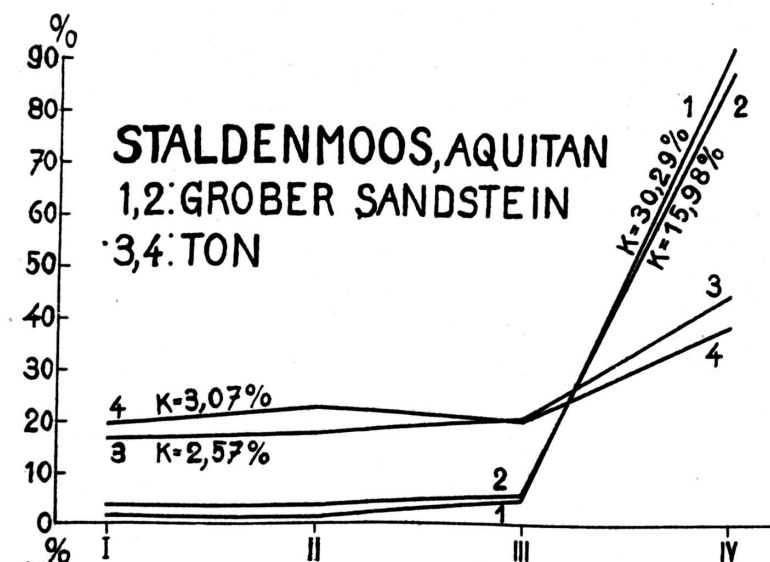
GRAPHISCHE DARSTELLUNG DER PROZENTUALEN HÄUFIGKEIT DER NAGELFLUHGERÖLLE



W. LIECHTI, 1927



W. Liechti, 1927.



SCHLÄMMDIAGRAMME

ABSZISSEN: I-IV = KORNGRÖSSEN: IV = 2-0,1 mm KORNDURCHMESSER

III = 0,1-0,05 mm —

II = 0,05-0,01 mm —

I = UNTER 0,01 mm —

ORDINATEN: 0-90 = GEWICHTSPROZENTE

K = KARBONATGEHALT

Werner Liechti
1927