

BEITRÄGE
ZUR
GEOLOGISCHEN KARTE DER SCHWEIZ

HERAUSGEGEBEN VON DER GEOLOGISCHEN KOMMISSION DER SCHWEIZ. NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT
AUF KOSTEN DER EIDGENOSSENSCHAFT

NEUE FOLGE, XV. LIEFERUNG
DES GANZEN WERKES 45. LIEFERUNG

Geologie der nördlichen Teile des Kantons Zürich
und der angrenzenden Landschaften.

Mit 1 Übersichtskarte in 1 : 250,000 und 6 Zinkographien.

Von **Dr. J. Hug.**

Dazu die Spezialkarten in 1 : 25,000 :

Nr. 34 *Andelfingen*, Nr. 35 *Rheinfall* und Nr. 36 *Kaiserstuhl*.

Bern.

In Kommission bei A. Francke (vorm. Schmid & Francke).
1907.

Buchdruckerei Stämpfli & Cie.

Vorwort der geologischen Kommission.

Herr Dr. *J. Hug* hat in den Jahren 1901 bis 1903 auf eigene Kosten die geologischen Aufnahmen für die Siegfriedblätter 52, 54 und (teilweise) 65, ferner für Blatt 16 und 25 und Blatt 26 in 1:25,000 durchgeführt. Am 12. Dezember 1903 legte er die Ergebnisse seiner Untersuchungen in Text und Karten der geologischen Kommission vor. Diese beschloss Aufnahme der Arbeit in die „Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz“, als Lieferung XV, neue Folge, und beauftragte das Bureau mit der Publikation auf ihre Rechnung.

Die Karten sind als geologische Spezialkarten Nr. 34: *Andelfingen*, Nr. 35: *Rheinfall* und Nr. 36: *Kaiserstuhl* schon 1904—05 erschienen.

Zürich, den 28. August 1907.

Für die Schweizerische geologische Kommission,

Der Präsident:

Dr. **Alb. Heim**, Prof.

Der Sekretär:

Dr. **Aug. Aeppli**.

Inhaltsverzeichnis.

	Seite
Inhaltsverzeichnis	III
Vorwort	VII
Literaturverzeichnis	IX
A. Übersicht der jurassischen und tertiären Ablagerungen	
I. Jura	1— 2
II. Eocäne Bohnerztone	2— 4
III. Die Stufen der Molasse	4
1. Die untere Süßwassermolasse	4— 5
2. Die marine Molasse	5
a. Cardienschichten	5— 6
b. Austernnagelfluh und Benkener Glassande	6— 7
c. Transgredierende Überlagerung des Glassandes durch die obersten Schichten der marinen Molasse	7— 8
3. Die obere Süßwassermolasse	8—10
B. Die Deckenschotter	
I. Merkmale und Alter	11—12
II. Zwei Deckenschotter	12—13
III. Der ältere Deckenschotter	13—14
IV. Die Grenze der I. Vergletscherung und die präglaciale Landesoberfläche	14
V. Der jüngere Deckenschotter	15
1. Dislokationen in den Deckenschotterresten zwischen Kaiserstuhl und Irchel	15
2. Umgebung von Schaffhausen	17—18
VI. Talbildung der I. Interglacialzeit	18—19
C. Hochterrassen und Altmoränen	
I. Die Hochterrassen ausserhalb der Grenze der letzten Vergletscherung	20
1. Zwischen Eglisau und Kaiserstuhl	20—21
2. Im Klettgau	21—22
II. Schotter innerhalb des äussern Kranzes der Jung-Endmoränen	22—24

	Seite
III. Die Altmoränen	24
1. Des Linthgletschers	24—27
2. Die Altmoränen des Rheingletschers in der Umgebung von Schaffhausen	27—28
IV. Beziehungen zwischen Moränen und Schottern	28—29
 D. Interglaciale Bildungen	 30
I. Das interglaciale Rheintal	30
1. Ältere Schotter unter der Niederterrasse	30
2. Interglaciales Tal am Rheinfall	30—31
3. Profil bei Rheinau	32—33
4. Rheinau bis Kaiserstuhl	33—34
5. Das interglaciale Rheintal von Kaiserstuhl bis zur Aaremündung	34—36
6. Grundwasserverhältnisse und Sohlentiefe des interglacialen Rheintales	36—38
7. Altersbestimmung des interglacialen Tales	38—39
II. Das interglaciale Thurtal	39
1. Ausfüllungsmaterial desselben	39—40
2. Druckwirkung des Gletschereises	40—41
3. Das Alter der Grundmoräne	41—42
III. Das Tösstal	42
IV. Das Glatttal	42—45
V. Klimatologie der letzten Interglacialzeit	45
1. Waldflora der Tuffe von Flurlingen	45—47
2. Steppenklima mit Lössbildung	47—48
 E. Die letzte Eiszeit	 49
I. Maximum der letzten Eiszeit	49
1. Gletschergrenze	49
a. Allgemeines	49
b. Geschichtliches	50
c. Gletschergrenze zwischen Randen und Irchel	50—54
d. Gefälle der Gletscheroberfläche am Irchel	54
e. Eiszunge im Tösstal	54—55
f. Eisoberfläche im Grenzgebiet zwischen Rhein- und Linthgletscher	55
g. Gletschergrenze des Linthgletschers im Glatttal	55—56
h. Jungmoränen ausserhalb des Endmoränenwalles	56
2. Die Abflussrinnen der maximalen Ausdehnung	56
a. Die Niederterrassenfelder des Rheingletschers	56
a. Allgemeines	56—57
b. Die Niederterrasse des Klettgau	57—58
c. Das Wangental	58—59
d. Das Rafzerfeld	60
e. Der Durchbruch des Rheines am Irchel	60—61
f. Die Schmelzwasser des Tösstales	61

	Seite
b. Die Abflussrinnen des Linthgletschers im Glatttal	61
a. Das Eglisauer- und Glattfeldertal	61—62
b. Das Windlachertal	62
c. Das Bachsertälchen	62
d. Das Surbtal (Niederweningertal)	62—63
3. Die Grundmoräne des Rheintales	63—64
4. Die erratischen Gesteine	65
a. Die Gesteine des Sammelgebietes	65
b. Die Gesteine des Durchzugsgebietes. Die Phonolithe	65—67
c. Die grössten erratischen Blöcke	67
II. Rückzugsstadien der letzten Vergletscherung	67
1. Im Fulachtal und im heutigen Rheintal	67—68
a. Allgemeines	67—68
b. Die Breite-Klaffenterrasse	68—69
c. Die Stockarterrasse	69
d. Die Lottstetterterrasse	69—70
e. Gletscherschwankung	71—72
f. Die Altenburg-Fulachtalterrasse	72—73
g. Die Langwieserterrasse	73
h. Die Scharenwald-Rheinauterrasse	73—74
i. Das Alter des Rheinfalles	74—75
k. Die innern Moränen bei Ramsen	75—76
Der Gletscherlappen des Stammheim-Nussbaumertales	76—77
2. Die Eiszunge des Thurtales	77
a. Die Drumlin in der Umgebung von Andelfingen	78
b. Anordnung der Drumlin und Eisbewegung	78—79
c. Schotter unter den Drumlin	80
d. Drumlinförmige Hügel aus fluvioglacialem Kies am Hausensee und bei Trüllikon	80—83
e. Die Endmoränen des Thurtales	83—84
f. Fluvioglaciale Terrassen	84—85
g. Das Zungenbecken des innern Jung-Endmoränenkranzes	85
a. Drumlin bei Islikon	85
b. Hydrographische Verhältnisse des Zungenbeckens	85—86
3. Moränen und fluvioglaciale Terrassen im untern Tösstal und der Umgebung von Winterthur	86
a. Die Embracherterrasse	86
a. Quellen	86—87
b. Verknüpfung mit Moränen bei Dättlikon und Brütten	87
c. Beziehungen der Terrasse zu Rafzerfeld und Glatttal	88
b. Die Winterthurerterrasse	88—89
c. Das Elggertal	89—90
d. Die Moränen bei Seen	90—91
e. Das Kempttal	91—92
f. Die Täler von Bichelsee und Littenheid	92—93

	Seite
g. Das Tösstal oberhalb Turbental	93
h. Zwei weitere Täler in der Umgebung von Winterthur	93—94
4. Die Eiszunge des Glatttales	94
a. Trockenlegung einzelner Täler beim Rückzug des Gletschers	94—95
b. Spätere Rückzugsstadien	95—96
Schlussbetrachtung	96—97

F. Postglacialzeit	98
I. Der postglaciale Löss bei Andelfingen	98—100
II. Veränderungen der Trockentäler und fluvioglacialen Terrassen	100
1. Allgemeines	100
2. Lehmlagerung im Klettgau	100—101
3. Talaufwärts gerichtete Entwässerung im Wangen- und Klaffental	101
4. Mammutfunde von Niederweningen und Teufen	101—102
III. Das Erlöschen der Seen	103
1. Die Verlandung im allgemeinen	103—104
2. Schwimmende Inseln	104—105
3. Flurnamen als Beweise für das Verschwinden der Seen in historischer Zeit	105—106
4. Das Seenareal im 17. Jahrhundert	106—108
IV. Postglaciale Tuffe	108—109
V. Die Entwicklung des Rheines	109
1. Allgemeines	109—110
2. Die postglacialen Terrassen in der Umgebung von Rheinau	110
a. Verbreitung und Zusammensetzung	110—111
b. Flussverschiebungen	111—112
3. Gefällsbrüche	112
a. Das Profil des Rheines im allgemeinen	112—113
b. Die Entstehung des Rheinfalles	113—114
c. Verschiebung des Rheinfalles	114—115
d. Wie viel Wasser rauscht per Sekunde am Rheinfall nieder?	115
e. Wirtschaftliche Bedeutung der epigenetischen Talstücke	115—117
VI. Die Entwicklung der Nebenflüsse	117
1. Das Thurtal	117
a. Breite des Tales und Terrassenbildung	117—118
b. Hufeisen im angeschwemmten Lehm	118—119
2. Das Tösstal	119—120
3. Das Glatttal	120—121

G. Geologische Geschichte des Untersuchungsgebietes vom Ende der Tertiärzeit bis auf die Gegenwart	121—127
---	----------------



Vorwort.

Die vorliegende Arbeit wurde im Winter 1901/02, d. h. während meiner kurzen Studienzeit, im engern Umkreis meines Heimatdorfes *Marthalen*, das fortan bei meinen Untersuchungen als Standquartier diente, in Angriff genommen und, nachdem ich in einer der ersten Exkursionen das interglaciale *Rheintal* bei *Rheinau* gefunden hatte, allmählich immer weiter ausgedehnt. In den Jahren 1903–1905 arbeitete ich im Auftrag und mit Unterstützung der schweizerischen geologischen Kommission, der ich dafür sehr zu Dank verpflichtet bin.

Nachdem schon 1904 die „geologische Karte der Drumlinlandschaft der Umgebung von *Andelfingen*“, Spezialkarte Nr. 34 (zitiert als geol. Karte Nr. 34), und 1905 auch die Karten des *Rheinlaufes* unterhalb *Schaffhausen*, Spezialkarte Nr. 35 (zitiert als geol. Karte Nr. 35), und der Umgebung von *Kaiserstuhl* (zitiert als geol. Karte Nr. 36) unter der Presse waren, zog sich die Fertigstellung des Textes infolge starker Inanspruchnahme durch meinen Beruf zu meinem Bedauern immer mehr in die Länge. Als ich dann im April 1906 den Druck des nahezu fertigen Textes an die Hand nehmen wollte, musste ich infolge eines schweren Augenleidens für $\frac{3}{4}$ Jahre auf die wissenschaftliche Arbeit überhaupt ganz verzichten, so dass ich erst im Mai 1907 mit der Drucklegung beginnen konnte, und zwar mit beständigen Rücksichten auf meine kranken Augen; der Leser möge mir daher allfällig unterlaufene Druckfehler gütigst entschuldigen.

Bei meinen Arbeiten habe ich schon von Anfang an das Hauptgewicht auf die Ablagerungen des Eiszeitalters verlegt, und die jurassischen und tertiären Ablagerungen nur so weit berücksichtigt, als dies zum Verständnis der drei geologischen Karten nötig war; auf den letzteren ist deshalb auf eine weitere Trennung in die einzelnen Stufen der Molasse und des obern Jura

verzichtet worden. In diesem einleitenden Kapitel habe ich mich ferner fast ganz auf das Kartengebiet beschränkt, während ich mich an andern Stellen (Interglaciale Täler und Rückzugsstadien der letzten Vergletscherung) weit über die Grenzen desselben hinaus wenden musste, um ein abgerundetes Bild jener Zeitabschnitte bieten zu können.

Was die Orts- und Flurnamen anbelangt, habe ich mich bei meinen Ausführungen ausser an die geologischen Spezialkarten 34—36 an die Blätter Nr. 15, 21, 22, 23, 24, 27, 40, 41, 42, 43, 45, 46, 47, 48, 53, 55, 65, 66, 67, 68, 69, 71, 72 des *Siegfried-Atlas* gehalten, auf die jeweilen mit dem Zitat „T. A. Bl. ?“ verwiesen ist.

Allen denjenigen, die mich bei meinen Arbeiten unterstützt haben, insbesondere meinem hochverehrten Lehrer, dem Präsidenten der schweizerischen geologischen Kommission, Herrn Professor Dr. *Albert Heim*, spreche ich an dieser Stelle meinen wärmsten, innigsten Dank aus.

Birmensdorf bei Zürich, den 25. August 1907.

Jakob Hug, Sek.-Lehrer.

Literaturverzeichnis.

1. *Aeppli, Aug.* Erosionsterrassen und Glacialschotter in ihrer Beziehung zur Entstehung des Zürichsces. Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz. Neue Folge, Lfg. 4, 1894.
2. *Berendt.* Äsarbildungen aus Norddeutschland. Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, 1888, Seite 485.
3. *Biedermann, W. G. A.* Petrefakten aus der Umgebung von Winterthur. Programm der höheren Stadtschulen von Winterthur, Heft 1—4 von 1862 an.
4. *Brückner, Ed.* Die Vergletscherung des Salzachgebietes nebst Beobachtungen über die Eiszeit in der Schweiz, Seite 147. Wien 1887.
5. *Cushing, H. P.* und *E. Weinschenk.* Zur genauen Kenntnis der Phonolithe des Hegaus. Tschermaks min. u. petr. Mitteilungen, Bd. XIII, Seite 18—39.
6. *Du Pasquier, L.* Die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Neue Folge, Lfg. I, 1891.
7. *Eberli, J.* Eine Flussablenkung in der Ostschweiz. Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft Zürich. 38. Jahrgang, 1893.
8. *Eberli, J.* Aus der Geologie des Kantons Thurgau. Mitteilungen der thurg. naturf. Gesellschaft, XIV. Heft, 1900, Seite 75.
9. *Erb, J.* Über die vulkanischen Auswurfmassen des Hegaus. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich 1900, Seite 54.
10. *Favre, Alph.* Carte du phénomène erratique et des anciens glaciers, 1884, Bl. II.
11. *Frey, O.* Talbildung und glaciale Ablagerung zwischen Emme und Reuss. Zürich 1907. Diss.
12. *Früh, J.* Die Drumlins-Landschaft. Berichte der naturf. Gesellschaft St. Gallen 1894/95.
13. *Früh, J.* Über postglacialen, intramoränischen Löss (Löss-Sand) bei Andelfingen (Kt. Zürich). Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich. 1903. Seite 430—439.
14. *Früh und Schröter.* Monographie der schweiz. Torfmoore. Beitr. z. Geologie der Schweiz. Geotechn. Serie, III. Lfg., 1904.
15. *Früh, J.* Zur Bildung des Tösstales. Eclog. geol. helv. 1907, Vol. IX, Nr. 3, Seite 388.
16. *Geinitz, F. E.* Über Äsar und Kames in Mecklenburg. Beitrag zur Geologie von Mecklenburg. Arch. nat. Meckl., 1886, Jahrgang 40, Seite 115—124.

17. *Gutzwiller, A.* Die löcherige Nagelfluh. Bericht der Gewerbeschule zu Basel 1879/80.
18. *Gutzwiller und Schalch.* Geologische Beschreibung der Kantone St. Gallen, Thurgau und Schaffhausen. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz, Lfg. 19, 1883.
19. *Gutzwiller, A.* Die Diluvialbildungen in der Umgebung von Basel. Verhandlungen der naturf. Gesellschaft Basel, 1894, Bd. 10.
20. *Gutzwiller, A.* Die erratischen Gesteine der prähistorischen Niederlassung zum Schweizersbild. Aus *Nüesch*, das Schweizersbild. Denkschriften der schweiz. naturf. Gesellschaft XXXV, 1895. Seite 183—194.
21. *Gyger, H. K.* Zürcher Kantonskarte, 1667.
22. *Heer, O.* Urvwelt der Schweiz, 1865, Seite 23.
23. *Heer, O.* Flora tert. Helvetica. Bd. 1—3. 1854—1859.
24. *Heim, Albert.* Rapport sur le nouveau projet de déviation des eaux de la chute du Rhin. Eclogæ geol. helv., 1900, VI.
25. *Heim, Albert.* Über das absolute Alter der Eiszeit. Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft Zürich, XXXIX, 1894.
26. *Keller, Rob.* Aus der Urzeit Winterthurs, in Heimatkunde von Winterthur und Umgebung. Winterthur 1887.
27. *Meister, J.* Das Schaffhauser Diluvium. Eröffnungsrede in Verhandl. der schweiz. naturf. Gesellschaft 1894.
28. *Meister, J.* Neuere Beobachtungen aus den glacialen und postglacialen Bildungen um Schaffhausen. Jahresbericht des Gymnasiums Schaffhausen 1897/98.
29. *Meister, J.* Alte Durach- und Rheinschotter bei Schaffhausen und ihre Grundwasserführung. Eclog. geol. helv., Vol. IX, 3, 1907, Seite 390—393.
30. *Meister, J.* Mitteilungen über I. Quellen und Grundwasserläufe im Kanton Schaffhausen und II. Die Sammlung erratischer Blöcke auf dem Fäsenstaub (Schaffhausen). Beilage zum Jahresbericht der Kantonsschule Schaffhausen 1906/07.
31. *Meyer v. Knonau, G.* Der Kanton Zürich (geologischer Teil von *Escher von der Linth*), I, Seite 149.
32. *Merklein.* Beiträge zur Kenntnis der Erdoberfläche um Schaffhausen, 1869.
33. *Mösch, C.* Geologische Beschreibung des Aargauer Jura. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz, IV. Lfg., 1867.
34. *Mühlberg, Fr.* Geologische Karte der Lägernekette. Beitr. z. Geologie d. Schweiz. Spezialkarte Nr. 25, 1901.
35. *Nansen.* Auf Schneeschuhen durch Grönland. Hamburg 1891. Bd. II. Anhang, Seite 451—454.
36. *Lang, A.* Geschichte der Mammutfunde. Ein Stück Geschichte der Paläontologie, nebst einem Bericht über den schweiz. Mammutfund in Niederweningen. Neujahrsblatt der naturf. Ges. Zürich, 1892.
37. *Lang, Rob.* Der Bergbau im Kanton Schaffhausen. S. A. aus der Zeitschrift für schweiz. Statistik 1903.

38. *Lettsch, E.* Molassekohlen östlich der Reuss. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz. Geotechn. Serie, Lfg. I, 1899.
39. *Penck, A.* Die Glacialbildungen um Schaffhausen, u. Nüesch, Das Schweizersbild, eine Niederlassung aus paläolithischer und neolithischer Zeit. Neue Denkschriften der schweiz. naturf. Ges., Bd. 35, 1894, Seite 157—179.
40. *Penck, A.* Die vierte Eiszeit im Bereiche der Alpen. Schriften des Vereins zur Verbreitung naturw. Kenntnis in Wien. 39. Bd., 1898/99.
41. *Penck, A. und Brückner, E.* Die Alpen im Eiszeitalter. Lfg. 1—5, 1901—1903.
42. *Penck, A.* Die alpinen Eiszeitbildungen und der prähistorische Mensch. Archiv für Anthropologie. Neue Folge, Bd. I, Heft 2, Seite 78—90.
43. *Peyer, H.* Schaffhauser Gebiet samt den Grenzen und umliegenden Orten. 1685 (Karte).
44. *Rollier, L.* Archives des sciences phys. et nat., Genève 1902, IV, A. XIV, p. 642 à 649.
45. *Rollier, L.* Über das Verhältnis vom Randengrobkalk zum Helvetien. Zentralblatt für Mineralogie 1903, Nr. 15.
46. *Rollier, L.* Über Diskordanzen im schwäbischen Tertiär. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich, 1903, Seite 307—320.
47. *Schalch, Fr.* Über einige Tertiärbildungen um Schaffhausen. Neues Jahrbuch für Mineralogie etc., 1881, II.
48. *Schröder, H.* Über Durchgangszüge und -Zonen in der Uckermark und in Ostpreussen. Jahrbuch der preuss. geol. Landesanstalt für 1888, Seite 166—211.
49. *Schulz, A.* Das Schicksal der Alpenvergletscherung nach dem Höhepunkt der letzten Eiszeit. Zentralblatt für Mineralogie, Geologie und Paläontologie 1904, Seite 266—275.
50. *Steinmann.* Das Alter der paläolithischen Station Schweizersbild etc. Berichte der naturf. Ges. Freiburg i. B., IX, 1894.
51. *Studer.* Monographie der Molasse.
52. *Walser, H.* Veränderungen der Erdoberfläche im Umkreis des Kantons Zürich seit der Mitte des 17. Jahrhunderts. Diss. S. A. aus dem XV. Jahresbericht der geogr. Gesellschaft Bern 1896.
53. *Wahnschaffe, F.* Über einen Grandrücken bei Lubasz. Jahrbuch der preuss. geol. Landesanstalt 1890, XI.
54. *Weber, Jul.* Geologie von Winterthur und Umgebung, in Alex. Islers Winterthur in Wort und Bild. Sep.-Abdr.
55. *Weber, Jul.* Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffikersees. Mitteilungen der naturwissenschaftl. Gesellschaft in Winterthur 1901.
56. *Weber, Jul.* Eröffnungsrede in Verhandlungen der schweiz. naturforschenden Gesellschaft 1904.
57. *Weber, Jul.* Geologische Karte von Wiesendangen (Atlas Siegfried Bl. 66). Mitteilungen der naturf. Ges. Winterthur, Heft 5, 1907.

58. *Wegelin*. Kleinere Mitteilungen. Mitteilungen der thurgauischen naturf. Gesellschaft, XV. Heft, Seite 60.
59. *Wehrli, L.* Über den Kalktuff von Flurlingen. Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft Zürich, 39. Jahrgang, 1894, Seite 275—292.
60. *Wettstein, Alex.* Geologie von Zürich und Umgebung, 1885. Diss.
61. *Württemberg, Fr. Jos. und Leop.* Der weisse Jura im Klettgau und angrenzenden Randengebirge. Verhandl. des naturwissenschaftl. Vereins zu Karlsruhe 1866.
62. *Württemberg, Fr. Jos.* Die Tertiärformation im Klettgau. Zeitschrift der deutschen geolog. Gesellschaft 1870.
63. *Württemberg, L.* Über die Entstehung des Schaffhauser Rheinfallcs. Jahrbuch für Mineralogie 1871, Seite 582—588.

Berichtigungen.

Seite 16, 6. Zeile von unten (Anmerkung) lies (*Penck* und *Brückner*, Die Alpen etc.) statt *Penck* und *Brückner*, Die Alpen etc.

Seite 101 sind die Nummern der einzelnen Kapitel weggelassen, d. h. Zeile 7 sollte lauten: 3. Tal-aufwärts gerichtete Entwässerung des Wangen- und Klaffentaies, und Zeile 27 (von oben) sollte heissen: 4. Mammutfunde von Niederweningen und Teufen.



A. Übersicht der jurassischen und tertiären Ablagerungen.

I. Jura.

Die Wellen des ammonitenreichen Jurameeres rauschten über unserm Gebiete, als hier die ältesten der Beobachtung zugänglichen Gesteine sich auf dem Meeresboden niederschlugen, es sind die Schichten des Malm, die im obern *Klettgau*, im *Wangental* und am *Rhein* bei und unterhalb *Kaiserstuhl* steile Talwände bilden¹⁾. Es ist hier nicht der Ort, auf die detaillierte Strati-graphie dieser Gesteine einzutreten; erwähnen wir nur die beiden obersten Stufen, deren deutlich ausgeprägter petrographischer Habitus ziemlich wichtig ist, sei es für die Entstehung und Erhaltung des Rheinfalles, sei es wegen ihrer Verwendung als Bausteine.

Die harte Felsenbarre des Rheinfalles wird durch die schichtungslosen, weissen, massigen Kalke gebildet, die von *Mösch*²⁾ als Wettingerschichten, als oberste Stufe des Kimmeridgien beschrieben wurden. Bezeichnend für dieses Gestein ist der ziemlich bedeutende Gehalt an Kieselsäure, welche den Kalk als duftiges Skelett durchzieht oder in wallnuss- bis kopfgrossen Knollen, mit denen das Gestein oft völlig durchspickt ist, sich konzentriert hat. Von Versteinerungen finden sich in der Umgebung des Rheinfalles besonders Rhynchonellen und Terebrateln, die oft silicifiziert sind und sich meistens nur schwer aus dem harten Gestein lostrennen lassen. Die Wettingerschichten finden wir auch zu beiden Seiten des *Wangentales* südwestlich von *Jestetten*, sie bilden ferner

¹⁾ Eingehende Profile des obern Jura dieser Gebiete, besonders des *Wangentales*, siehe bei *Fr. Jos. und Leop. Würténberger*, Der weisse Jura im Klettgau und angrenzenden Randengebirge. Verhdl. des naturwissenschaftl. Vereins zu Karlsruhe 1866, S. 14.

²⁾ *C. Mösch*, Der Aargauer Jura etc. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Liefg. 4, 1867, S. 193 ff.

die steilen Ufer des *Rheines* unterhalb *Kaiserstuhl* und setzen auch die mit der Ruine *Schwarzwasserstels* gekrönte Felseninsel zusammen.

Während die Wettingerschichten mit ihren massigen, zerklüfteten Kalken als Baumaterial gänzlich unbrauchbar sind, liefert die nächst höhere Stufe, der Plattenkalk (Portlandien), welcher hier die Schichtenreihe der Juraformation nach oben abschliesst, für die ganze Umgebung einen vorzüglichen Baustein, der bei *Schaffhausen*, *Neuhausen*, *Altenburg* und *Jestetten* in einer Reihe von Steinbrüchen ausgebeutet wird. Bei der Ausbeutung kommt die horizontale Schichtung in Platten von ganz verschiedener Mächtigkeit sehr zu statten. Stellenweise schieben sich zwischen die Kalkplatten dünnschiefrige, tonige Mergelschichten ein.

Die Plattenkalke sind ziemlich arm an Versteinerungen¹⁾; führen wir hier nur die untere Kieferhälfte mit fünf Zahnreihen von *Gyrodus umbilicus* Ag. an, die beim Bau des Eisenbahntunnels der badischen Bahn am Charlottenfels zwischen Neuhausen und Schaffhausen, gefunden wurde²⁾.

II. Eocäne Bohnerztone.

In dem bewaldeten Plateau zwischen *Wangental* und *Klettgau*, resp. den Ortschaften *Jestetten*, *Guntmadingen* und *Neunkirch* ist der weisse Jura auf grosse Strecken hin von eocänen Bohnerztonen bedeckt (geol. Karte Nr. 35), die hier nur an wenigen Stellen, wie nordwestlich von *Jestetten*, von Molassesand bedeckt sind, sonst aber auf grossen Flächen direkt zu Tage liegen. 1,2 km. westlich *Jestetten* und 2 km. westlich *Neuhausen* werden die ockergelben, roten oder rotbraunen Tone zur Fabrikation von Ziegelwaren ausgebeutet. Wie anderwärts, so füllen auch hier die Bohnerztone die durch Verwitterung entstandenen Vertiefungen des Jurakalkes aus, so dass die Mächtigkeit starken Schwankungen unterworfen ist; *Würtenberger* schätzt sie im Maximum auf 33 m.³⁾

Schon in früher Zeit muss hier Bohnerz gewonnen und an Ort und Stelle verhüttet worden sein, wie dies aus einzelnen Schlackenhaufen hervorgeht. Nach den Akten des Schaffhauser Staatsarchives lässt sich der Bergbau in dieser Gegend bis ins 17. Jahrhundert verfolgen⁴⁾. Es handelt sich dabei

¹⁾ Siehe Petrefaktenliste bei *Schalch*, Beiträge z. geol. Karte d. Schweiz, Liefg. 19, II, S. 24.

²⁾ *Mösch*, C. Der Aargauer Jura etc., S. 203.

³⁾ *Fr. Jos. Würtenberger*, Die Tertiärformation im Klettgau. Zeitschrift der deutschen geolog. Ges. 1870, S. 492.

⁴⁾ *Rob. Lang*, Der Bergbau im Kanton Schaffhausen. S. A. aus der Zeitschr. für schweiz. Statistik 1903. Die hier folgenden statistischen Angaben sind in der Hauptsache dieser Schrift entnommen.

hauptsächlich um Tagbau, es waren dazu oft bis 30 m. tiefe Schächte mit seitlichen Stollen nötig, denn die reichsten Erzlager fanden sich in der Regel in den unteren Partien der Erzkessel. Im Jahre 1622 liess man bei *Baltersweil* südwestlich *Jestetten* und 1678 auf dem *Rossberg* bei *Osterfingen* für den Eisenschmelzofen von *Eberfingen* bei *Stühlingen* nach Böhnerz graben. In den folgenden Jahren wurden auch die weiter östlich, auf der geol. Karte Nr. 35, gelegenen Gebiete in Angriff genommen, wobei aus einem einzigen Erzkessel im Winter 1684 nicht weniger als 15,000 Kübel¹⁾ Erz, darunter ein Klumpen von 300—350 kg., ausgebeutet wurden.

1693 fand das Böhnerz einen neuen Abnehmer, indem im *Lauserberg*, 3 km. nördlich *Jestetten*, für die Eisenschmiede im *Laufen* (an Stelle der heutigen Aluminiumfabrik *Neuhausen*) mit der Gewinnung von Erz begonnen wurde. Im Jahre 1760 ging das Schmelzwerk in *Eberfingen* ein und 10 Jahre später verstummten auch die Hämmer der Eisenschmiede im *Laufen*, die Knappen der Erzgruben waren damit brotlos geworden. Im ganzen sind bis zu diesem Zeitpunkt nach *Eberfingen* 1,025,000 Kübel und in den *Laufen* 592,530 Kübel abgeführt worden, der Kanton Schaffhausen hat dafür an Gebühren 133,891 Gulden bezogen, an die Erzgräber wurden zirka 160,000 Gulden und für die Abfuhr des Erzes 200,000 Gulden ausbezahlt.

Im Jahre 1801 liess die Bergwerksadministration der helvetischen Regierung neuerdings, besonders im *Krummsteigerhau* und auf dem *Hemming*, nach Erz graben (geol. Karte Nr. 35). Das letztere wurde durch einen Fuhrmann von *Jestetten*, für 40 Kr. per Kübel, an den Erzplatz bei *Rheinau* geführt, wo für jede Grube ein besonderer Erzkasten vorhanden war. Von hier wurde das Erz per Schiff zur Verhüttung nach *Albbruck*, kleinere Quantitäten auch nach *Wehr* und *St. Blasien* im Schwarzwald, gebracht. Von 1810 an figuriert auch der Hochofen im *Laufen* wieder unter den Erzabnehmern und seit 1817 wurde hier die ganze Ausbeute der Schaffhauser Erzgruben verhüttet. Im Laufe der Zeit sank der Erlös aus dem Böhnerz von 2 Gulden 48 Kr. (im Jahr 1807) bis 1 Gulden 52 Kr., so dass im Jahre 1850 die Erzausbeute wegen Mangel an Rendite sistiert werden musste. Damit ist wieder tiefe Stille in die Wäldungen am *Lauserberg* zurückgekehrt, die Gruben sind zerfallen, nur zahllose, mit trübem Wasser gefüllte Löcher und braunrote Erdhaufen sind noch Zeugen der Arbeit fleissiger Bergknappen, die grosse Waldkomplexe nach den braunen Schätzen durchwühlt haben.

¹⁾ Hohlmass, zirka 4 Kubikfuss, Gewicht je nach Qualität resp. dem Gehalt an Eisen 191—251 kg. (Erzprobe vom Jahr 1806).

Eine direkte Überlagerung von Jurakalk mit Bohnerztonen lässt sich am linken Rheinufer oberhalb Schloss *Laufen* beobachten. Oberhalb dieser Stelle bis gegen *Flurlingen* hat man von 1815—1820¹⁾, nach *Schalch*²⁾ auch im Winter 1829/30, Bohnerz aus den Klüften im Flussbett des Rheines gegraben und in dem schon genannten Eisenwerk *Laufen* verarbeitet.

Auch am rechten Rheinufer zwischen der Glattmündung und *Herdern*, wo zwar der Kontakt zwischen Jura und Molasse jetzt nirgends mehr aufgeschlossen ist, deuten im *Grubenholz* eine Anzahl Löcher auf ehemalige Erzausbeutung. Näheres ist mir aber darüber nicht bekannt.

III. Die Stufen der Molasse.

1. Die untere Süsswassermolasse

überlagert oberhalb des Rheinfalles an der *Buchhalde* (geol. Karte Nr. 35) die eocänen Bohnerztone als graue, rote und grünliche Mergelbänder, die mit Sandsteinschichten wechsellagern. In den obern Partien des nahezu 100 m. hohen Aufschlusses herrschen hellgraue Sande mit Sandsteinknauern vor.

Wir finden diese Stufe auch in der Umgebung von *Rheinau* an vielen Orten anstehend, ihre bunten Mergel haben der Anlage der Strasse von der Rheinbrücke nach *Altenburg* fast unüberwindliche Schwierigkeiten bereitet. Gegenüber von *Balm* bildet ein grauer, glimmeriger Knauersandstein das senkrechte linke Rheinufer, die Brüder *Thomas* und *Franz Jos. Württenberger* fanden hier einige Fuss über dem Flussniveau eine 0,3—1,5 m. mächtige Schicht von graublauem Sand und Mergel, „gespickt mit einer glänzenden Pechkohle, die in zahlreichen Bändern von 0,3—6 cm. Dicke das Gestein allseitig unregelmässig durchsetzt“³⁾. An der gleichen Stelle fanden die unermüdlichen Sammler folgende Pflanzenreste:

Ficus Brauni Heer; *Cinnamomum spectabile* Heer; *C. Scheuchzeri* Heer; *C. polymorphum* A. Br.; *Dryandroides hakeaefolia* Ung.; *Dr. banksiaefolia* Ung.; *Acacia cyclosperma* Heer.

In der Gegend von *Jestetten* und *Rafz* finden wir die untere Süsswassermolasse als hellgraue, lockere Sande mit Sandsteinknauern. Beim Dorfe *Balters-*

¹⁾ G. Meyer v. Knonau, Der Kanton Zürich (geologischer Teil von *Escher von der Linth*), I, S. 149.

²⁾ F. Schalch, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Liefg. 19, II, S. 34.

³⁾ Th. und Fr. J. Württenberger, Die Tertiärformation im Klettgau, S. 483.

weil (nordwestlich *Rafz*) fanden die Gebrüder *Württemberg* in diesen Schichten nicht weniger als 76 Pflanzenarten, die sich hauptsächlich aus Zimmet-, Kampher-, Lorbeer- und Ebenholzbäumen rekrutieren, und unter einem tropischen oder subtropischen Himmel geblüht haben müssen^{1) 2)}.

Im engen Rheintal zwischen *Rüdlingen* und *Eglisau* finden wir die untere Süßwassermolasse als bunte Mergel und lockere Sandsteine an vielen Orten anstehend³⁾. Als in den Zwanzigerjahren des letzten Jahrhunderts der Hofrat *Glenk* am rechten Rheinufer bei *Eglisau* Salz erbohren wollte, brachte der Bohrer bis zu einer Tiefe von 250 m. untere Süßwassermolasse herauf, was für diese auf eine Mächtigkeit von 350—400 m. schliessen lässt. Dann folgte Bohnerz und bis zu 268 m. weissgelber Jurakalk, worauf die Bohrung aufgegeben wurde⁴⁾, ohne dass weder Salz noch Kohle gefunden worden wäre. In der Umgebung der Glattmündung finden wir die untere Süßwassermolasse als bunte Mergel aufgeschlossen und nördlich von *Kaiserstuhl* überlagert sie als hellgraue Sande mit Sandsteinknauern den Jurakalk in ganz verschiedener Höhe (geol. Karte Nr. 36).

2. Die marine Molasse.

a. Cardiensichten.

Die unter dem Namen „marine Molasse“ zusammengefassten Ablagerungen lassen sich im nördlichen Teil des Kantons Zürich in mehrere petrographisch verschiedene Stufen auflösen, deren Lagerungsverhältnisse besonders im ehemaligen Steinbruch am *Worrenberg* (1 km. nordöstlich von *Flaach*, Top. A. Bl. 27) gut ersichtlich sind. In den untern Partien des Aufschlusses wechseln lockere Sandschichten mit gut verkitteten, graugrünen Sandsteinen, in welchen Haifischzähne und *Cardium commune* vorkommen, wir haben hier die Cardiensichten, welche als nördliche Facies des Muschelsandsteines, als Uferbildung des helvetischen Meeres aufzufassen sind. Die Cardiensichten wurden früher an vielen Stellen als Bausteine gebrochen, z. B. bei *Rorbas*, *Buchberg*⁵⁾, *Höri*, in der Umgebung von *Weiach* und in zwei Brüchen bei *Zweidlen* (geol. Karte

¹⁾ Neues Jahrbuch für Mineralogie 1862, S. 719—722.

²⁾ Zeitschrift der deutschen geol. Ges. 1870, S. 498 ff.

³⁾ Studer, Monographie der Molasse, S. 103 und 104.

⁴⁾ G. Meyer v. Knonau, Der Kanton Zürich, I. B., S. 158.

⁵⁾ *Württemberg* (Tertiärbildungen im Klettgau, S. 490) erwähnt von hier: *Crocodylus* (Zähne), *Delphinus* (Zähne und Gehörgang); *Notidanus primigenius* Ag.; *Oscyrhina hastalis* Ag.; *O. leptodon* Ag.; *O. Desori* Ag.; *Lamna elegans* Ag.; *L. caspidata* Ag.; *L. condoridentis*

Nr. 36). Hier war auch die Zweidlerhöhle, in welcher schon die Römer einen Mühlsteinbruch angelegt hatten, wie es sich aus gefundenen Werkzeugen und halbfertigen Mühlsteinen ergibt¹⁾. Weitere Aufschlüsse von Cardienschiefern beobachten wir an der Tössmündung, an der Strasse von *Freienstein* nach *Dättlikon* (mit zahllosen Cardienresten), im *Bruderheini*, an der *Rappenhalde* und im Tobel des *Schübbaches* (3,5 km., resp. 3 und 1,5 km. westsüdwestlich von *Andelfingen* (geol. Karte Nr. 34) als blaugraue oder durch Glaukonitkörner grünlich gefärbte Sandsteine, ferner im Flussbett der *Thur* bei *Dätwil*.

b. Austernnagelfluh und Benkener Glassande.

Im Steinbruch bei *Flaach* sind die Cardienschiefern von einer 1—2 m. mächtigen Schicht von halbverkitteten Geröllen mit *Ostrea crassissima* überlagert²⁾. Neben weissen und grauen Quarziten finden wir in der Nagelfluh viele frisch erhaltene Gerölle von roten Graniten, im Alter entspricht diese Ablagerung der Austernnagelfluh des *Aargau*. Auch anderwärts sehen wir die Cardienschiefern von einer entsprechenden Geröllschicht bedeckt, so bei *Buchberg* und im Steinbruch 0,8 km. südöstlich von *Weiach* (geol. Karte Nr. 36), wo eine deutlich diskordante Lagerung zu beobachten ist.

Ganz anders sind nun die Verhältnisse am *Kohlfirst*. 1 km. östlich von *Benken* (T. A. Bl. 47) finden sich die marinen Petrefakten — Haifischzähne und Austernschalen³⁾ — in der Glassandgrube in einem groben, eckigen Sand, der stellenweise aus reingewaschenen Quarzkörnern besteht und nur selten Feldspatkörner und Glimmerblättchen beigemischt hat^{4) 5)}. Die einzelnen, gelb bis

Ag.; *Galeocerdo adumus* Ag.; *Hemipristis serra* Ag.; *Carcharodon megalodon* Ag.; verschiedene Ostreen u. s.w. *M. Laffon* (Verhandl. der schweiz. naturf. Ges. 1848, S. 35) hat in diesem Steinbruch auch Knochen von *Dinotherium* gefunden.

¹⁾ *Jul. Weber*, Geologie von Winterthur und Umgebung, in *Alex. Islers Winterthur in Wort und Bild*. Sep.-Abdr. S. 7.

²⁾ Exkursion mit Herrn Dr. *Rollier*. Siehe auch: *L. Rollier*, Über das Verhältnis vom Randengrobkalk zum Helvetien. Zentralblatt für Mineralogie 1903, Nr. 15, S. 480, und *Archives des sciences phys. et nat.* Genève 1902. IV, per A. XIV, S. 646.

³⁾ Eine Petrefaktenliste dieses Aufschlusses findet sich bei: *Schalch*, Über einige Tertiärbildungen um Schaffhausen, *Neues Jahrbuch für Mineralogie etc.* 1881, II, S. 70, und *Gutzwiller*, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Liefg. 19, I, S. 58.

⁴⁾ Ebenda, Liefg. 19, I, S. 55.

⁵⁾ Wegen des Quarzgehaltes (91,5—94,6 %) hat man den Sand früher zur Glasfabrikation verwendet, daher der Name Glassand; heutzutage wird er in grossen Quantitäten als Streusand für Lokomotiven ausgebeutet.

braunen, horizontal gelegenen Sandschichten, welche durch mergelige Zwischenlagen von blättrigem Tonschiefer oder gröberen Geröllschichten voneinander getrennt sind, zeigen im Innern noch eine zweite, schiefe Schichtung, die durch einen Wechsel von mehr ins Graue oder Gelbe nūancierenden Sandstreifen, durch infolge grösseren Gehaltes an Fe rotbraun gefärbte Bänder, oder Einlagerung von gröberen Geröllen bedingt ist, wobei die schiefen Streifen gegen die liegende Schicht umbiegen und fast horizontal auf diese auslaufen. Infolge dieser Lagerungsverhältnisse wird man jede einzelne Sandschicht als eine Deltaanschwemmung von Dünen sand am Meeresufer auffassen müssen, die horizontalen Zwischenlagen von Mergelschiefer dagegen scheinen Schlammabsätze am Meeresboden zu sein, so dass das Profil des Glassandes einen eigenartigen Wechsel von Sedimenten aus stehendem und fliessendem Wasser darstellt ¹⁾. Die Sande scheinen also eine typische Strandbildung zu sein und entsprechen in ihrem Alter der Austernnagelfluh ²⁾.

Wo sind nun die Cardiensichten? Im Sommer 1905 waren zirka 100 m. nordwestlich der Glassandgrube und einige Meter unter dem Boden derselben, in einem bis 4 m. tiefen Graben schon die Mergel der untern Süsswassermolasse anstehend, die wahrscheinlich direkt das Liegende des Glassandes bilden. Auf dieser undurchlässigen Unterlage scheinen auch die zur Wasserversorgung von *Marthalen* und *Benken* gehörenden, dem Glassand neben der Sandgrube entströmenden Quellen gefasst zu sein. Demnach scheinen die Cardiensichten am *Kohlfirst* zu fehlen; wir müssen daraus schliessen, dass das Meer, welches im *Aargau* und *Wehntal* den Muschelsandstein und nördlich von *Dielsdorf* die Cardiensichten abgesetzt hat, irgendwo zwischen *Flaach* und *Benken* geendigt haben muss.

d. Transgredierende Überlagerung des Glassandes durch die obersten Schichten der marinen Molasse.

Nach Ablagerung des Glassandes hat eine intensive Erosion mit deutlicher Durchtalung der Schichten eingesetzt und die dadurch ganz unregelmässig

¹⁾ Ganz ähnliche Lagerungsverhältnisse zeigt der Sandstein der Sphinx von *Giseh* (Abbildung in *Neumayers Erdgeschichte*, 1. Aufl. 1887, I. Band, S. 472). Am Hals des Skulpturwerkes beobachten wir die gleiche schiefe Schichtung wie beim Glassand, sogar das Umbiegen gegen das Liegende ist deutlich zu sehen. Darüber und darunter finden wir dann vollständig horizontale Schichtung.

²⁾ *L. Rollier*, Über Diskordanzen im schwäbischen Tertiär. *Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich*, 1903, S. 309.

gestaltete Oberfläche war als Festland längere Zeit der Einwirkung der Atmosphären ausgesetzt, wie dies aus einer 3—5 cm. mächtigen, rotbraunen Verwitterungsrinde des Glassandes deutlich hervorgeht. Dann ist das Gebiet neuerdings überflutet worden, auf der Denudationsoberfläche des Glassandes wurden zunächst grobe Gerölle, dann feine Glimmersande, die in den oberen Partien stellenweise zu harten Knauern verkittet sind, abgelagert. *Gutzwiller*¹⁾ hat auch in diesen oberen Schichten noch marine Petrefakten gefunden, die Transgression muss also innerhalb die Zeit der Ablagerung der marinen Molasse fallen.

Die oberen, glimmerreichen Sande von *Benken* finden wir auch zuoberst im Steinbruch von Flaach, auch hier liegen sie deutlich diskordant auf der liegenden Austernagelfluh. Auf einer Exkursion mit Herrn Dr. *Rollier* sammelten wir in einer kalksandigen Bank *Helix Turonensis* Desh., *Helix Liguriana* (May.) Sandb. und *Planorbis Mantelli* Dunk., also durchwegs Land- und Süßwasserschnecken; es müssen sich also zur Zeit der Ablagerung der obersten marinen Molasseschichten Meer und Festland, resp. Meer und Süßwasser die Herrschaft streitig gemacht haben, d. h. die marine Molasse geht hier ganz allmählich über in

3. Die obere Süßwassermolasse,

welche sich aus einem unregelmässigen Wechsel von Sandschichten mit Knauern, Mergel- und Sandsteinschichten zusammensetzt. Am *Irchel* sind auch einige Bänke von Süßwasserkalk eingelagert, die bei *Dättlikon* und *Buch am Irchel* als Wetterkalk ausgebeutet wurden²⁾. Auch die Sandsteine sind, obwohl sie ein zweifelhaftes Baumaterial geliefert haben mögen, in einer Reihe von Steinbrüchen in der Umgebung von *Neftenbach*, *Seuzach* und *Vellheim* gebrochen worden, die Sande werden jetzt noch 2,8 km. südwestlich von *Henggart* (geol. Karte Nr. 34) als Giessereimodelliersand gewonnen.

Wie anderwärts, so enthält auch in unserer Gegend die obere Süßwassermolasse vereinzelte Braunkohlennester. Zirka 200 m. südlich von *Raat* (geol. Karte Nr. 36) wurden 3 durch mergelige Zwischenlagen getrennte Kohlenflöze von 0,12 m., 0,08 und 0,08 m. in einem Stollen angefahren³⁾. Vom 20. Oktober 1789 bis zum 19. Oktober 1790 liess der Staat *Zürich* an dieser Stelle Kohlen im Werte von 22 Gulden 36 Kr. ausbeuten, und zwar mit einem Kostenaufwand

¹⁾ Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Liefg. 19, I, S. 57.

²⁾ G. Meyer v. Knorau, Der Kanton Zürich, 1844, I. B., S. 156.

³⁾ Mösch, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Liefg. 4, S. 237.

von 482 Gulden 34 Kr.¹⁾ Im Jahr 1896 hat die Nachricht von einem „Braunkohlenlager“ am *Irchel* die Runde durch die Presse gemacht; es handelte sich dabei um ein 20 cm. mächtiges, beim weitem Vordringen auf wenige Centimeter zusammenschrumpfendes Nest, das im *Steinler*, westlich von *Gräslikon* (T. A. Bl. 27), bei einer Stollenbaute für die Wasserversorgung *Flaach* entdeckt wurde²⁾.

Zahlreich sind die Lebewesen, welche in der obern Süsswassermolasse die Spuren ihres Daseins zurückgelassen haben; erwähnen wir hier besonders die Reste der durch ihre Grösse imponierenden Tiere, welche die Steinbrüche von *Veltheim* dem Winterthurer Museum geliefert haben³⁾. Der Panzer einer Schildkröte (*Testudo Vitodurana* Biedermann) hat einen Umfang von 3 m., bei einer andern Art (*Testudo Picteti* Bied.) 2,15 m., daneben fand man noch *Testudo Escheri* Pict. et Humb. (ähnlich der griechischen Landschildkröte), *Antilope cristata* Bied., *Sus latidens* Bied. (breitzahniges Schwein), sowie die Kiefer eines hyänen- oder tigerähnlichen Tieres von 4—5 m. Länge. Von Dickhäutern kennt man aus dem Veltheimer Steinbruch *Rhinoceros incisius* und *Mastodon angustidens*. Die letztere Art scheint bei uns am Schluss der Tertiärzeit ziemlich häufig gewesen zu sein. Reste dieses Tieres fanden sich auch im Steinbruch beim *Ödenhof*, 1 km. nördlich von *Neftenbach*⁴⁾ (geol. Karte Nr. 34), und in einem Stollen, 100 m. nördlich Punkt 660 (*Forrenirchel*), 1 km. östlich vom Schloss *Teufen* am *Irchel*⁵⁾ (T. A. Bl. 27). Vielleicht entstammen der obern Süsswassermolasse auch die Knochenreste, welche an einer nicht mehr näher zu bestimmenden Stelle bei *Buchberg* 1,2 m. tief in einem sandigen, mit Kiesen durchzogenen Mergel lagen. Es war wahrscheinlich das ganze Skelett eines *Mastodon angustidens*, „welches leider von den Herzukommenden zertrümmert wurde, da jeder etwas mit sich nehmen wollte“⁶⁾.

Nicht minder zahlreich sind auch die Pflanzenreste, die aus der obern Süsswassermolasse stammen. *O. Heer* erwähnt von einer Stelle oberhalb *Rorbas*

¹⁾ *E. Letsch*, Molassekohlen östlich der Reuss. Beiträge z. geol. Karte der Schweiz. Geotechnische Serie. Liefg. I, S. 122.

²⁾ Ebenda, S. 139.

³⁾ *W. G. A. Biedermann*, Petrefakten aus der Umgebung von Winterthur. Programm der höhern Stadtschulen von Winterthur 1862/63, Heft 1, S. 7 und 9. Siehe auch Heft 2—4 dieser Publikation.

⁴⁾ *Biedermann*, Petrefakten etc., Heft 4 1873.

⁵⁾ Aufzeichnung von Prof. Dr. *Albert Heim*.

⁶⁾ *R. H. Schinz*, Über die Überreste organischer Wesen.

J. Hug, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Neue Folge, Lfg. XV.

am *Irchel* folgende Arten: *Populus balsamoides* Goep. (II. 18)¹⁾, *Salix angusta* (I. 31); *Betula Dryadum* (II. 39); *Podogonium Knorrü* A. Br. (III. 114); *Daphnogene Unger* Heer (II. 92); *Andromeda revoluta* A. Br. (III. 7); *Leguminosites Brunneri* (III. 126); *Cinnamomum polymorphum* A. Br. Die letztgenannte findet sich neben *Salix angusta* (schmalblättrige Weide) auch am *Krähen*²⁾, 0,8 km. nordwestlich von *Neftenbach* (geol. Karte Nr. 34), und im *Veltheimer* Steinbruch, wo *Biedermann* auch ein Blatt von *Platanus aceroides* gesammelt hat³⁾.

¹⁾ Die eingeklammerten Zahlen geben Band und Seite von O. Heer, Flora tert. Helvetica.

²⁾ R. Keller, Aus der Urwelt Winterthurs. In Heimatkunde von Winterthur. Herausgegeben vom Lehrerverein. 1887. S. 9.

³⁾ Biedermann, Petrofakten etc., Heft 1, 1863, S. 6.

B. Die Deckenschotter.

I. Merkmale und Alter.

Über den Mergeln und Sanden der obern Süßwassermolasse folgt am *Irchel* eine Nagelfluh, deren Kalkgeschiebe häufig infolge chemischer Auflösung durch die Sickerwasser ausgehöhlt wurden. Das Zement besteht meistens aus Kalksinter, der wie mit Häuten die Gerölle verbindet, dabei aber noch kleine Höhlungen frei lässt, so dass die Nagelfluh ein löcheriges, unfertiges Aussehen bekommt, daher der Name „löcherige Nagelfluh“.

Sie bildet am *Irchel* eine 20—40 m. mächtige, den ganzen Berg bedeckende Platte, welche fast an ihrer ganzen Peripherie von einem Steilabfall begrenzt ist. Dieser hebt sich, aus der Ferne, besonders von N gesehen, von der sanften Böschung der liegenden Molasse ab und gibt so dem *Irchel*, wie auch den übrigen mit Deckenschotter bedeckten Höhen, eine charakteristische Form.

Über die Zusammensetzung der löcherigen Nagelfluh des *Irchels* hat sich *Gutzwiller*^{1) 2)} schon mehrfach geäußert; ihre Gerölle stammen mit Ausnahme einiger alpiner Amphibolite und roter Verrucano aus der miocänen Nagelfluh. Die Grösse der Gerölle ist namentlich in den untern Partien eine ganz beträchtliche, in einem Aufschluss am W-Abfall des *Irchels* sind kopfgrosse bis zentnerschwere Blöcke zu finden.

Die Ansichten über das Alter der löcherigen Nagelfluh im allgemeinen und damit auch derjenigen des *Irchels* haben in der älteren geologischen Literatur verschiedene Wandlungen durchgemacht. Die ältesten Angaben über die Nagelfluhdecke des *Irchels* verdanken wir *A. Escher*, der sie als „ungefähr 20—30 Fuss dicke Bank, welche zugleich die oberste Schicht der Molasse-

¹⁾ *Gutzwiller, A.*, Die löcherige Nagelfluh. Bericht der Gewerbeschule zu Basel, 1879/1880. S. 26.

²⁾ *Gutzwiller, A.*, Die Diluvialbildungen in der Umgebung von Basel. Verhandlungen der naturf. Ges. in Basel 1894. Bd. X, S. 613.

bildung unserer Gegend ist“¹⁾, erwähnt, *Mösch*²⁾ zählt sie zum ersten Mal zu den Eiszeitablagerungen und *Du Pasquier*³⁾ hat dafür zuerst die *Pencksche* Bezeichnung Deckenschotter verwendet und sie damit als Rest einer früher allgemeiner verbreiteten Decke, als fluvioglaciale Facies der ersten Vergletscherung charakterisiert. Unser Deckenschotter wird von *Du Pasquier*⁴⁾ zum obern Pliocän gerechnet, auch *Mühlberg*⁵⁾ vertritt diese Ansicht noch für die Umgebung von Aarau. Die neuere Auffassung stellt den Deckenschotter an Hand eines dürftigen paläontologischen Materials, insbesondere der Konchylienfauna, in die Quartärzeit⁶⁾.

II. Zwei Deckenschotter.

Nur 2,5 km. westlich vom *Irchel* trägt auch der *Rheinsberg* eine Decke von löcheriger Nagelfluh, aber sowohl Sohle als Oberfläche liegen hier 100 bis 120 m. tiefer, es mussten daher schon frühe berechtigte Zweifel entstehen, ob diese Deckenschotterreste aus einem einzigen Schotterfelde hervorgegangen seien. Durch vertikale Dislokation lässt sich dieser Höhenunterschied nicht erklären, denn die liegende Molasse lässt sich ohne wesentliche Schichtenstörungen vom *Irchel* bis zum *Rheinsberg* verfolgen. *Gutzwiller*⁷⁾ hat zuerst darauf hingewiesen, dass dem Höhenunterschied der beiden Schotterreste auch Differenzen in ihrer petrographischen Zusammensetzung parallel gehen, indem sich am *Rheinsberg* Diorite, Albula-Juliergranite und Tavayannazsandsteine in einzelnen Exemplaren finden, was von der löcherigen Nagelfluh des *Irchels* nicht gesagt werden kann. *Gutzwiller* hat daraus geschlossen, dass die beiden Nagelfluhdecken nicht zur gleichen Zeit abgelagert wurden, indem nach Ablagerung des hochgelegenen Schotters eine bedeutende Erosion und erst auf die erodierte Fläche die Anhäufung der Nagelfluh am *Rheinsberg* folgte. Es schiebt sich also eine Interglacialzeit zwischen die Ablagerung der beiden Schotter hinein, so dass jeder als Produkt einer besondern

¹⁾ *Escher v. d. Linth, A.*, in Gerold Meyer v. Knonau: Der Kanton Zürich. I. Bd., S. 155.

²⁾ *Mösch, C.*, Der Aargauer Jura. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. IV. Liefg. 1867. S. 348.

³⁾ *Du Pasquier, L.*, Über die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Liefg. 31. S. 85.

⁴⁾ Ebenda. S. 101 und Tabelle auf S. 126.

⁵⁾ *Mühlberg, Fr.*, Der Boden von Aarau.

⁶⁾ *Penck und Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter. Liefg. I, S. 108.

⁷⁾ *Gutzwiller, A.*, Die Diluvialbildungen in der Umgebung von Basel. S. 614.

Eiszeit angesehen werden muss. Durch diese Erkenntnis wurde die frühere erste Vergletscherung in zwei Eiszeiten aufgelöst, so dass die Anzahl der Vergletscherungen von drei auf vier erhöht wurde. *Penck*, der diese Auffassung trotz eines Besuches der Gegend am *Irchel* im Frühjahr 1897 noch bestritt, hat schon im April 1898 bei *Memmingen* die Richtigkeit der Annahme einer viermaligen Eiszeit anerkannt¹⁾ und in dem Werk „Die Alpen im Eiszeitalter“ für die ganze alpine Vergletscherung acceptiert.

III. Der ältere Deckenschotter.

Als Beispiel des älteren Deckenschotter haben wir bereits die den *Irchel* bedeckende Nagelfluhplatte angeführt und auch ihre petrographischen und orographischen Verhältnisse skizziert. Die Nagelfluh reicht an der *Hochwacht* (T. A. Bl. 27) von 630—671 m., am *Hebelstein* von 620—654, am *Forrenirchel* von 650—677, an der *Steig* von 660—684 m., d. h. Sohle und Oberfläche sind gegen NW geneigt. Ob hier ursprüngliche Lagerungsverhältnisse vorliegen, oder ob ein früher einheitliches Niveau durch Dislokationen gestört wurde, wie *Penck* dies anzunehmen scheint²⁾, vermochte ich nicht zu entscheiden.

Zum älteren Deckenschotter muss nach seiner Höhenlage auch der zuerst von *Meister* angeführte³⁾ Nagelfluhrest im *Neuhauserwald*, 1,5 km. nordwestlich *Neuhausen* (geol. Karte Nr. 35) gerechnet werden. Die Sohle liegt hier zwischen 540 und 550 m., im übrigen ist der nur durch eine Kiesgrube aufgeschlossene Schotter durch Erosion so stark dezimiert worden, dass der Kulminationspunkt 568 m. bereits unter der ursprünglichen Schotteroberfläche zu liegen scheint.

Eine viel grössere Verbreitung zeigt der ältere Deckenschotter auf dem *Stadlerberg-Haggenberg*. Auf der geol. Karte Nr. 36 kommen am *Haggenberg*, *Sanzenberg* und bei *Waldhusen* nur Ausläufer von oberem Deckenschotter vor; ich gestatte mir daher hier nur mit wenigen Worten auf diese Verhältnisse einzutreten, um sie später in anderem, besserem Zusammenhang eingehender zu behandeln.

Die Decke des *Haggenberges*, deren starkes Ansteigen gegen Süden schon von *Du Pasquier*⁴⁾ beobachtet worden ist, beginnt an der *Ruchhalde* (1 km.

¹⁾ *Penck, A.*, Die vierte Eiszeit im Bereiche der Alpen. Schriften des Vereins für Verbreitung naturwissenschaftlicher Erkenntnis in Wien. 39. Bd. 1898/99, S. 79 ff.

²⁾ *Penck u. Br.*, Die Alpen etc. S. 405.

³⁾ *Meister, J.*, Verhandlungen der schweiz. naturf. Gesellschaft 1894.

⁴⁾ *Du Pasquier*, Die fluvioglacialen Ablagerungen, S. 79.

südlich *Weiach*) als isolierter Nagelfluhrest (524—558 m.), setzt dann am *Haggenberg* als dünne Decke 585—600 m. neuerdings ein und endigt am *Stadlerberg* zwischen 600 und 631 m. In den *Flühnen* finden wir die Nagelfluh zwischen 550 und 578 m. und daran anschliessend am *Saenzenberg* von 510—557 m.¹⁾ Diese Platte wurde von *Penck* dem niedern Deckenschotter zugerechnet, ich habe sie auf der geol. Karte Nr. 36 zur obern Decke gerechnet, mit Rücksicht darauf, dass in unmittelbarer Nähe am *Höhberg* bei *Stocki* der niedere Deckenschotter von 465—490 m. liegt; die Deckenschotter sind hier eben in so viele Stufen aufgelöst, dass auf Grund der Höhenverhältnisse allein es fast nicht mehr möglich ist, eine scharfe Grenze zwischen älterem und jüngerem Deckenschotter zu ziehen.

IV. Die Grenze der I. Vergletscherung und die präglaciale Landesoberfläche.

In den besprochenen Deckenschotterresten kommen gekritzte Geschiebe oder andere Glacialspuren nicht vor, wir haben hier nur die fluvioglacialen Kiese der I. Eiszeit. Aus dem Mangel entsprechender Moränen müssen wir schliessen, dass die Gletscher dieser Periode unser Gebiet nicht mehr erreicht haben. Die grossen, bis 1 m. langen Blöcke im Deckenschotter des *Irchels* zeigen uns aber, dass die Gletschergrenze nur wenig bergeinwärts zu suchen ist, wir finden denn auch schon im Deckenschotter der *Egg*, in der Kiesgrube im *Feusi*, 1,2 km. nordwestlich von *Schöfflisdorf* (T. A. Bl. 40) schön gekritzte Geschiebe²⁾, die uns zeigen, dass die Eismassen der I. Vergletscherung bis hierher vorgeschoben wurden.

Die präglaciale Landesoberfläche, d. h. die Fläche, welche die Gletscher bei ihrem ersten Vorrücken in unserem Gebiete angetroffen haben müssen, ist uns noch in einzelnen Fetzen als Kontaktfläche der obern Deckenschotter mit dem Liegenden erhalten. Entsprechend dem deckenförmigen Auftreten des Schotter muss auch seine Sohle eine Ebene gewesen sein. Diese muss als eine durch die Erosion der Präglacialzeit gebildete Abtragungsfläche (Peneplain) aufgefasst werden. Am *Stadlerberg* bestimmt sich ihre Höhe zu zirka 600 m. (an nicht dislozierten Stellen), am *Irchel* zu 620—670 m., d. h. sie ist hier zirka 170 m. über dem Niveau des heutigen Rheines zu suchen.

¹⁾ Kontaktstelle mit der liegenden Molasse östlich *Hägelen* 500—510 m. hoch (Briefliche Mitteilung von Herrn Prof. Heim vom 7. IX. 1904).

²⁾ Schon von *Du Pasquier* erwähnt (l. c. S. 98).

V. Der jüngere Deckenschotter.

1. Dislokationen in den Deckenschotterresten zwischen Kaiserstuhl und dem Irchel.

Als Beispiel des jüngern, untern Deckenschotter, der sich, wie wir schon auf Seite 12 näher ausgeführt haben, von seinem älteren Kollegen auf dem *Irchel* durch seine petrographische Zusammensetzung und seine Höhenlage deutlich unterscheidet, haben wir bereits die Nagelfluhdecke des *Rheinsberges* (T. A. Bl. 27) kennen gelernt, die hier zwischen 530—567 m. ein zusammenhängendes, 1,4 km. langes Plateau bildet.

Viel komplizierter gestalten sich nun die Verhältnisse am *Hiltenberg* bei der Station *Eglisau*, wo der Deckenschotter in eine Anzahl Stufen mit verschiedener Höhe und differierender Neigung aufgelöst ist; die geol. Karte Nr. 36 gibt über deren Verbreitung genauere Auskunft. Beginnen wir zuerst an der SE-Ecke des *Hiltensberges*, so treffen wir zuerst bei 540 m. eine horizontale Platte, an welche sich direkt eine gegen N gegen die Station *Eglisau* bis zu 525 m. geneigte Scholle anschliesst¹⁾. Über ein gegen W geneigtes Verbindungsstück gelangen wir bei 520 m. Höhe zu einer neuen horizontalen Scholle, von der sich wieder eine schiefe Platte als *Dachsberg* bis zu 480 m. gegen N senkt. Noch deutlicher ausgeprägt ist das nördliche Fallen der Nagelfluh am *Laubberg*. Am Südrhang desselben reicht die Molasse bis zu mindestens 400 m. hinauf, während auf der N-Seite in den *Flühnen*, am schroffen Absturz der Nagelfluhdecke, der Deckenschotter bis zu 440 m. herabreicht; es muss also auch hier die Kontaktfläche mit der liegenden Molasse nach N einfallen. Gegen W schliesst sich an den *Laubberg* in 440—450 m. eine neue horizontale Platte an, die nach ihrem Habitus in den Aufschlüssen im *Weissengraben* noch zum Deckenschotter zu gehören scheint, während ihre Höhenlage bereits für eine Zuweisung zum Hochterrassenschotter sprechen würde.

Nicht minder kompliziert sind die Verhältnisse am *Emperg* bei *Weiach*. Die höchste Platte, der *Stein*, zeigt die Nagelfluh von 520—540 m., auf der Nordseite sind *Ebnet* und *Wörndel* als neue horizontale Schollen bei 490—510 m. angelagert. Vom *Ebnet* senkt sich eine weitere kleinere Platte gegen *Weiach*

¹⁾ *Penck* (Die Alpen etc. S. 405) beobachtete hier 1897 „den steil (zirka 70°) nach N einfallenden Kontakt mit der liegenden Molasse und parallel zu diesem Kontakte fielen nicht nur die Gerölllagen der Nagelfluh, sondern auch diese selber“.

bis zu 470—490 m. herab. Im gleichen Niveau ist ein ganz vereinzelter Schotterrest am *Höhberg* bei *Stocki* (1 km. südlich *Weiach*)¹⁾.

Wie soll man sich nun die Auflösung einer ohne Zweifel während einer Eiszeit gebildeten Schotterfläche in einzelne Stufen erklären? Man könnte versucht sein, an ein System von Teilfeldern zu denken, wie sie sich bei der Ablagerung verschiedener, hintereinander gelegener Endmoränen mit verschiedenem Niveau bilden; wir werden bei der Besprechung der letzten Eiszeit in der Umgebung von *Rheinu* und *Schaffhausen* ein solches Terrassensystem kennen lernen. In unserem Falle lässt sich diese Erklärungsweise kaum anwenden, denn aus der Struktur des Deckenschotter lässt sich hier auf keine Annäherung an die zur gleichen Eiszeit gehörenden Moränen schliessen, auch die Schiefstellung einzelner Platten würde kaum in dieses System passen. Viel besser lassen sich diese abnormalen Lagerungsverhältnisse durch die Annahme von quartären Schichtstörungen erklären, worauf schon *Penck*²⁾ hingewiesen hat. „Es ist mutmasslich eine ostnordöstlich verlaufende Störungslinie“, oder vielleicht besser ein System von parallelen Störungslinien, welches den jüngern Deckenschotter treppenförmig in verschiedene Niveaux absinken liess. Einem zweiten, nordostnordlich streichenden System von Bruchlinien müsste dann die Schiefstellung der nach W oder WSW einfallenden Platten am *Elbet* und am *Hiltenberg*, sowie die Störungen des obern Deckenschotter am *Haggenberg* und am *Sanzenberg* zugeschrieben werden.

Wenn wir uns fragen, zu welcher Zeit sich diese Dislokationen gebildet haben, so kommt dabei hauptsächlich in Betracht, dass der Schotter der folgenden Vergletscherung, der Hochterrassenschotter, auch da, wo er eine grössere zusammenhängende Terrassenfläche bildet, wie beim *Grossholz* bei *Hohentengen*, nur 2 km. nordwestlich vom *Emperg*, keine Dislokationen aufzuweisen scheint. Die letzteren müssten sich demnach nach Ablagerung des jüngern Deckenschotter, aber vor der Bildung der Hochterrasse, d. h. in der zweiten Interglacialzeit gebildet haben³⁾, die wir in der Folge

¹⁾ Aus Versehen auf der geol. Karte Nr. 36 weggelassen, resp. als Molasse bezeichnet worden.

²⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen etc., S. 405.

³⁾ Nach *Aeppli* haben die von *Brückner* (*Penck* und *Brückner*, Die Alpen etc., Liefg. 5, S. 512) bestrittenen Dislokationen des Deckenschotter im *Sihlgebiet* nach Ablagerung des Deckenschotter, aber vor der Bildung des Hochterrassenschotter stattgefunden, d. h. nach unserer Zeitrechnung ebenfalls in der II. Interglacialzeit. (*A. Aeppli*, Erosionsterrassen und Glacialschotter in ihrer Beziehung zur Entstehung des Zürichsees. Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, II. Serie, 4. Liefg., S. 85.

noch als eine sehr lange Periode kennen lernen werden; die Sache verlangt aber noch weitere Studien, um endgültig bewiesen zu werden.

2. Umgebung von Schaffhausen.

Am ausgedehntesten ist hier das Plateau des *Kohlfirstes* mit einer Höhe von 563 (bei *Uhwiesen*) bis 571 m. bei *Wildensbuch*. Eine Kontaktstelle mit der liegenden Molasse ist in der Kiesgrube an der Strasse von *Wildensbuch* nach *Schlatt* bei 533 m., während bei *Feuerthalen* (geol. Karte Nr. 35) der Deckenschotter bis zu 500 m. herabreicht; die Sohle desselben senkt sich also deutlich gegen SW. Im östlichen Teil des *Kohlfirstes* ist die ursprüngliche Deckenschotteroberfläche durch Überlagerung mit Moränen der letzten und vorletzten Vergletscherung stark gestört worden, westlich von *Langwiesen* dagegen ist die jetzt mit Verwitterungslehm bedeckte Schotterebene noch gut erhalten. Wie überall, so wirkt auch hier der Deckenschotter wegen seiner Wasserdurchlässigkeit als ausgezeichneter Quellensammler. Mit Ausnahme von ein paar kleinen Quellen tritt das Wasser freilich nicht direkt unter dem Deckenschotter zu Tage. Zu einer ausgiebigen Quellenbildung kommt es erst 40—50 m. tiefer auf einer tonigen Sandsteinschicht, die an der Grenze von mariner und unterer Süßwassermolasse zu liegen scheint. In diesem Niveau findet sich denn fast rings um den *Kohlfirst* ein überall durchwühlter und viel umstrittener Quellenhorizont, dem in der engern und weitem Umgebung des *Kohlfirstes* eine Reihe von Ortschaften den Segen eines guten Trinkwassers verdanken.

Die westliche Fortsetzung des *Kohlfirstdeckenschotters* bildet die Nagelfluhdecke des *Stammheimerberges* (600—625 m.). Das Oberflächengefälle zwischen beiden Schotterresten berechnet sich zu 5 ‰, das Sohlengefälle steigt auf 8 bis 10 ‰ an. Der Deckenschotter ist am *Stammheimerberg* nur im nordwestlichen Teil bei der *Hohenegg* und in der Kiesgrube im *Friedhag* (T. A. Bl. 48) auf beschränktem Raume anstehend. Weiter südöstlich ist der ganze Bergrücken mit einer mächtigen jüngeren Grundmoränenschicht bedeckt, nur beim *Rappenhof*, 2 km. nordöstlich *Nussbaumen* (T. A. Bl. 53) konnte ich bei zirka 615 m. in zwei Kiesgruben einen vereinzelter Deckenschotterrest nachweisen.

Nach *Penck*¹⁾ schaltet sich in die löcherige Nagelfluh des *Stammheimerberges* unter der *Hohenegg* eine 3 m. mächtige Bank von Schlammoränen ein; es ist dies die einzige Stelle unseres Gebietes, wo der jüngere Deckenschotter mit Moränen verknüpft ist, d. h., mit Ausnahme des *Stammheimerberges* liegen alle

¹⁾ *Penck*, Glacialbildungen um Schaffhausen, S. 160.

J. Hug, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Neue Folge, Lfg. XV.

besprochenen Deckenschotterreste ausserhalb der Gletschergrenze der zweiten Eiszeit.

Etwas tiefer (490—530 m.) liegt der Deckenschotter *auf der Enge*, westlich *Schaffhausen* (geol. Karte Nr. 35), wo der Jura das Liegende bildet; auf den zum Teil verkitteten Löss im Hangenden werden wir bei späterer Gelegenheit wieder zurückkommen.

Zum Schlusse erwähnen wir noch zwei zum jüngern Deckenschotter gehörige Nagelfluhbildungen im *Klettgau* am *Asenberg* (470—510 m.) bei *Neunkirch* und am *Rechberg* 440—470 m. bei *Griessen*. Beide Vorkommnisse liegen tiefer als die den *Klettgau* auf beiden Seiten einrahmenden, aus Trias und Jura gebildeten Höhenzüge, es muss also bei der Ablagerung des jüngern Deckenschotter im *Klettgau* bereits ein Tal vorgebildet gewesen sein.

VI. Talbildung der I. Interglacialzeit.

Die tiefere Lage des jüngern Deckenschotter, resp. dessen Einschachtelung zwischen die Reste der älteren Decke bedingt, dass zwischen die Ablagerung der beiden Schotter, d. h. zwischen die I. und II. Eiszeit, eine Periode intensiver Tiefenerosion einzuschalten ist, welche den Raum für die Deponierung des jüngern Schotter geschaffen hat: es ist dies die I. Interglacialzeit. Die untere Grenze dieser Tiefenerosion ist uns noch erhalten in den stellenweise sichtbaren Kontaktstellen des jüngern Schotter mit der liegenden Molasse. Verbinden wir diese Punkte miteinander, so bekommen wir eine Denudationsfläche, d. h. die Talböden von Tälern, welche die Flüsse der I. Interglacialzeit in den obern Deckenschotter und in die liegende Molasse eingeschnitten haben. So muss z. B. in dieser Periode zwischen den älteren Deckenschotterhorsten am *Irchel* und *Stadlerberg* ein zirka 7 km. breites *Glatttal* ausgeräumt worden sein, dessen Sohlenhöhe sich an Hand der Schotter-Molasse-Kontakte am *Rheinsberg* zu zirka 530 m., am *Hiltensberg* bei *Eglisau* zu 520 m. und am *Emperg* bei *Weiach* ebenfalls zu 520 m. bestimmt. Vergewärtigen wir uns, dass die Tiefenerosion der I. Interglacialzeit an der Oberfläche des obern Deckenschotter (*Irchel* 671 m., *Stadlerberg* 631 m.) eingesetzt hat, so finden wir für die Tiefenerosion dieser Periode einen Wert von 110—140 m. Auf diese breite, 520—530 m. hoch gelegene Sohle des alten *Glatttales* der I. Interglacialzeit haben die Gletscherbäche der II. Eiszeit, der II. Accumulationsphase in der Entwicklungsgeschichte unserer Täler, ein vom *Stadlerberg* einerseits und vom *Irchel* anderseits eingefasstes Deckenschotterfeld bis zu einer Höhe von 540—560 m. aufgeschüttet, von

welchem die spätere Erosion noch die Nagelfluhreste am *Rheinsberg*, *Hiltensberg* und *Emperg* stehen gelassen hat.

Ein ähnliches Tal muss sich weiter nördlich zwischen *Irchel* und dem ebenfalls zum obern Deckenschotter gehörigen Nagelfluhrest an der *Schrotzburg* am *Schienerberg* bei *Stein a. Rh.* ausgebildet haben; die Nagelfluhreste am *Kohlfirst* (500—533 m.), *Gailinger Berg* (560 m.)*, *Wolkensteiner Berg* bei *Stein* (570 m.)*, *Hohenklingen* bei *Stein* (580 m.)*, *Stammheimer Berg* (600 m.), *Ölberg* bei *Stein* (600 m.)*, sind die Reste der in diesem Tale aufgeschütteten jüngeren Deckenschotterfläche. (Die eingeklammerten Zahlen geben die Höhe der Schotter-Molasse-Kontakte, resp. der Sohle des Tales an.)

Ein drittes Tal der I. Interglacialzeit muss sich zwischen *Schienerberg* und dem *Randen* von *Singen* gegen *Schaffhausen* gezogen haben; an den Überresten des darin abgelagerten jüngern Deckenschotters bestimmt sich die Talsohle am *Gaissberg* bei *Schaffhausen* zu 500 m.*, am *Hochberg* bei *Herblingen* zu 510 m.*, am *Buchberg* bei *Thayingen** zu 515 m. und am *Heilsberg* bei *Gottmadingen* zu 580 m.*.

Von *Schaffhausen* muss sich dieses Tal durch den *Klettgau* gezogen haben. Beim Eingang zu demselben *auf der Enge* bei *Schaffhausen* finden wir die Talsohle bei 490 m., d. h. zirka 40 m. über der *Klettgauer* Niederterrasse oder 129 m. über dem Niveau des heutigen *Rheines* bei *Neuhausen* (unterhalb des Rheinfalles). Die Breite des Tales, das auf der rechten Seite durch den älteren Deckenschotterrest im *Neuhauser Wald* und auf der linken Seite durch den S-Abhang des *Randen* bestimmt ist, beläuft sich hier *an der Enge* auf 0,8 km., denn es ist hier ganz in harten Jurakalk eingeschnitten. Ob die Gewässer des Tales zwischen *Irchel* und *Schienerberg* durch den *Klettgau* oder durch das heutige *Rheintal* abgeflossen sind, oder mit andern Worten, ob die Wasserscheide zwischen *Rheintal* und *Klettgau* sich vom *Neuhauser Wald* gegen den *Irchel* oder den *Schienerberg* fortsetzte, lässt sich beim heutigen Stande der Denudation nicht mehr herausbringen.

*) Die mit * bezeichneten Vorkommnisse des jüngern Deckenschotters sind im vorhergehenden Abschnitte nicht beschrieben worden. Näheres darüber siehe bei *Penck* und *Br.*, *Die Alpen etc.*, S. 406, und *Gutzwiller* und *Schalch*, *Beiträge zur geol. Karte der Schweiz*, Liefg. XIX, II. Teil, S. 118.

C. Hochterrassen und Altmoränen.

I. Die Hochterrasse ausserhalb der Grenze der letzten Vergletscherung.

1. Zwischen Eglisau und Kaiserstuhl.

Wenden wir von dem Deckenschotterplateau des *Hiltensberges* unsern Blick gegen S, so gewahren wir jenseits *Glattfelden* eine ausgedehnte Ebene, auf welcher düstere Tannen ihre Häupter wiegen. Die Karte des Linthgletschers von *Brückner* gibt für jenen Komplex Molasse an¹⁾, klettern wir aber an den steilen Abhängen des zirka 456 m. hoch gelegenen Plateaus umher, so finden wir an vielen Stellen, besonders auf der Seite gegen *Glattfelden*, zahlreiche Aufschlüsse in einem gut verkitteten glacialen Schotter. Der letztere unterscheidet sich vom Deckenschotter durch den Gehalt an vereinzelt Dioriten, Albula- und Juliergraniten, Tavayannazsandsteinen und einer grösseren Anzahl von Verrucanogeröllen. Aus dem Vorkommen von Melaphyren und Tavayannazsandsteinen zu schliessen, stammt der Schotter vom Linthgletscher, resp. dem vereinigten Linth-Rheingletscher. Von der im W anschliessenden Niederterrasse (400—410 m.) unterscheidet sich unser Schotterfeld durch einen geringern Gehalt an den oben erwähnten Gesteinen, sowie durch die Höhenlage (456 m.). Die Terrasse überragt also die Niederterrasse um 40—50 m., liegt aber zirka 90 m. tiefer als die obersten Schollen des jüngern Deckenschotters am *Hiltensberg* und am *Stein*; wir müssen es daher hier mit der Hochterrasse, dem Schotter von *Pencks* Riss-Vergletscherung, zu tun haben.

Gegen S wird das Schotterfeld allmählich breiter, die ursprüngliche Oberfläche ist hier durch zwei Erosionsrinnen gestört. Noch weiter südlich wird die Hochterrasse vom äussern Moränenwall der letzten Vergletscherung überlagert und entzieht sich dann bald unserer Beobachtung²⁾.

¹⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter. Liefg. 5, 1903.

²⁾ Vergleiche *Fr. Mühlberg*, Geolog. Karte der Lägernekette.

Ein kleiner Fetzen von Hochterrasse ist in einer Höhe von zirka 460 m. dem S-Abhang des *Laubberges* 0,8 km. nordwestlich *Glattfelden* angelagert; eine Kiesgrube gibt uns einen guten Einblick in die Zusammensetzung des Schotters. Fast im gleichen Niveau, aber etwa 500 m. weiter nordwestlich, findet sich ein neues Schotterfeld, auf der Karte als *Burgacker* bezeichnet. Obwohl die Höhenlage hier für Hochterrassenschotter sprechen würde, so könnte doch der Schotterrest im *Burgacker* infolge seiner petrographischen und tektonischen Verhältnisse ebensogut dem jüngern Deckenschotter zugewiesen werden.

Verschiedene Reste von Hochterrasse, an welchen sich kein bestimmtes Niveau mehr erkennen lässt, sind auf der Karte Nr. 36 in der Umgebung von *Zweidlen* und *Weiach* verzeichnet. Eine zusammenhängende Hochterrassenfläche bildet von *Hüntwangen* an abwärts den Nordrand des *Rafzerfeldes* und erweitert sich dann zu dem zirka 2 km² grossen Plateau auf der rechten Rheinseite bei *Kaiserstuhl*. Jura und Molasse bilden hier das Liegende der Nagelfluh. Am S-Abhang des Plateaus beobachtete ich an verschiedenen Stellen Grundmoräne der vorletzten Vergletscherung, die hier das Liegende des Hochterrassenschotters zu bilden scheint.

An verschiedenen Stellen, z. B. bei *Weiach*, nördlich von *Thengen*, bei *Fisibach*, finden wir die Hochterrasse direkt am Niveau der Niederterrasse bis zu 380 m. herab anstehend, ohne dass dabei das Liegende erreicht wäre; die Mächtigkeit kann daher 60—70 m. übersteigen.

2. Im Klettgau.

Der von der Niederterrasse gebildete Talboden des *Klettgau* ist fast überall von älteren Schotterbildungen umsäumt, die nach ihrem Niveau als Hochterrasse angesprochen werden müssen. Wie aus zahlreichen Aufschlüssen hervorgeht, scheint mir hier die Hochterrasse reicher an Dioriten, Graniten und kristallinen Schiefern als anderwärts. Dazu gesellen sich noch *Hohentwieler* Phonolithe und viele Weissjurakalke, beides Gesteine, die für den SW-Saum des Rheingletschers charakteristisch sind, sowohl in der vorletzten, als auch in der letzten Eiszeit. In der Umgebung von *Griessen* gelingt es uns sogar, einzelne Tavayannazsandsteine, wie sie vom Linthgletscher verfrachtet werden, zu schlagen; wir werden auf diese merkwürdige Erscheinung auf Seite 26 zurückkommen.

Von *Löhningen* bis in die Nähe von *Neunkirch* bildet die Hochterrasse eine deutliche Terrassenfläche, den *Schmerlat*, mit einem Niveau von 460—470 m. Wo die Eisenbahn an diesen herantritt (2,7 km. südwestlich *Löhningen*, geol. Karte Nr. 35), zeigt der Schotter eine deutliche Deltastruktur. Die obere Grenze

zwischen schiefer und horizontaler Schichtung liegt 375,5 m. hoch; in diesem Niveau haben wir uns also zur Zeit der Ablagerung der Hochterrasse ein kleineres Seebecken zu denken. Im untern *Klettgau* nimmt die Hochterrasse als wellige Fläche fast den ganzen Talboden ein, in den nur zwei Streifen von Niederterrasse eingesenkt sind.

Was die Mächtigkeit der Hochterrasse im *Klettgau* anbelangt, so finden wir sie auch hier an vielen Stellen direkt am Niveau der Niederterrasse anstehend, ohne dass dabei das Liegende erreicht wäre.

Ja es scheint, dass der Hochterrassenschotter noch unter die Niederterrasse herabgehe. Als man im Jahre 1834 im *Oberneuhaus* (1,2 km. südlich *Löhningen*, geol. Karte Nr. 35) einen Brunnen bohrte, fand man in einer Tiefe von 46,8 m. „mit Sand verkittete Nagelfluh“¹⁾, was eher für Hochterrassenschotter spricht als für Schotter der letzten Vergletscherung, obwohl die betreffende Stelle unter einer Niederterrassenfläche liegt.

II. Schotter innerhalb des äussern Kranzes der Jung-Endmoränen.

Damit hätten wir die wichtigsten Vorkommnisse der Hochterrasse erwähnt, soweit sie wenigstens ausserhalb des äussern Kranzes der Jung-Endmoränen, d. h. dem Rande der letzten Vergletscherung liegen. Überschreiten wir diese Zone und sehen wir uns das Operationsgebiet der Eisströme der letzten Vergletscherung genauer an, so fällt uns sofort die auffallende Armut an Hochterrasse auf. Nördlich von *Glattfelden* (geol. Karte Nr. 36) hört ein ausgedehntes Hochterrassenfeld an der erwähnten Zone plötzlich auf und erst weiter südlich finden wir wieder ein Stück derselben in der Umgebung von *Rümlang*. Auch die Hochterrassen von *Rufzerfeld* und *Klettgau* lassen sich nicht in das Gebiet der letzten Vergletscherung hinein verfolgen, wir finden sie hier nur in vereinzelten Resten, wenn wir von den abnormal gelagerten, unter dem Niveau der Niederterrasse gelegenen Schottern absehen.

Ein zirka 1 m. mächtiges Käppchen von Hochterrasse krönt den Gipfel der *Buchhalde* am rechten Ufer des *Rheines* oberhalb des Rheinfalles, in einer Höhe von 489 m., der untern Süsswassermolasse auflagernd (geol. Karte Nr. 35)²⁾. Steigen wir im *Mühletal* nordwestlich vom Bahnhof *Schaffhausen* die Strasse vom grossen Steinbruch gegen den *Gaüssberg* hinan, so sehen wir im

¹⁾ *Merklein*, Beilage zur Kenntnis der Erdoberfläche um Schaffhausen 1869, S. 61.

²⁾ Mitteilung von Herrn Prof. Meister.

Walde verschiedene Ausbisse einer Hochterrassennagelfluh, deren Sandeinlagerungen und grobe Zusammensetzung auf einen kurzen Wassertransport, d. h. Ablagerung in der Nähe des Gletschers schliessen lassen. Am Eingang zum *Mühletal*¹⁾ beobachtet man an verschiedenen Stellen einen gut verkitteten Schotter bis in das Bett des Baches anstehend, bei der Dampfsäge lässt sich deutlich Deltastruktur erkennen, die auf eine westlich gerichtete Strömung des ablagernden Flusses hinweist. Ein gut verkitteter Schotter ist ferner direkt am Talboden des *Fulachtales* 1 km. nördöstlich der Station *Herblingen*, anstehend.

Einige kleinere Aufschlüsse, welche der Hochterrasse zugerechnet werden müssen, sind auch im untern Tösstal zu finden. An der Strasse von *Pfungen* nach *Dättlikon* (Top. A. Bl. 41) ist in einer Höhe von zirka 460 m. eine Bank von diluvialer Nagelfluh, deren Unterlage herausgewittert ist, so dass eine Nische entstanden ist. Die monotone Zusammensetzung des Schotters weist denselben der vorletzten Eiszeit zu. Dasselbe gilt auch für einen Aufschluss links an der Strasse von *Freienstein* nach *Dättlikon* am Südabhang des Hügels der Burgruine *Freienstein*.

Als Hochterrassenschotter spricht *Weber* auch einige über dem Niveau der Niederterrasse gelegene Schotterreste in der Umgebung von *Elgg* an, besonders die bis zu 542 m. ansteigende Terrasse, auf welcher der Flecken *Elgg* steht, und am *Bohl*, östlich von *Aadorf*. Ausgenommen beim letztgenannten Aufschluss konnte ich keine nennenswerten Differenzen der petrographischen Zusammensetzung zwischen diesen Schottern und den unzweideutig als zur letzten Eiszeit gehörenden Ablagerungen beobachten, so dass man hier wohl nicht ohne weiteres alle über dem Talboden von *Elgg* vorkommenden Schotter als Hochterrassenschotter qualifizieren darf; die Höhendifferenz von 20—40 m. gegenüber dem tieferliegenden Kies, die *Weber*²⁾ als Hauptmerkmal für die Zuteilung der Schotter bei *Elgg* zum Hochterrassenschotter ins Feld führt, gilt als untrügliches Kennzeichen zur Unterscheidung der Schotter ausserhalb der Grenze der letzten Vergletscherung; wir befinden uns aber bei *Elgg* im Gebiet der unregelmässigen

¹⁾ *Gutzwiller* (Diluvialbildung der Umgebung von Basel) hat diese Gebilde schon dem Hochterrassenschotter, *Penck* (Glacialbildungen um Schaffhausen, S. 169) der letzten Eiszeit zugezählt; ich muss mich der Ansicht *Gutzwillers* anschliessen.

²⁾ *J. Weber* in Verhandlungen der schweiz. naturf. Gesellschaft 1904, S. 11 ff. Als weiteres Merkmal erwähnt *Weber* (l. c. S. 12) „die von Professor *Aeppli* angeführte Beobachtung, dass der Hochterrassenschotter meistens schlecht und vielfach schief geschichtet ist“. *Aeppli* (Glaciale Schotter etc., S. 84) gibt dies nur für die Schotter an der *Lorse* an, ohne jede Verallgemeinerung. Schotter mit diesen Eigenschaften können innerhalb jeder glacialen Serie vorkommen.

Terrassen, wo infolge des etappenmässigen Gletscherrückzuges ineinandergeschachtelte Terrassen einer Eiszeit sich bilden können. Erwähnen wir noch einen vereinzelt Rest von Hochterrassenschotter im *Loorental* (1,5 km. nordöstlich *Ossingen*, geol. Karte Nr. 34) und berücksichtigen wir auch, dass noch einzelne Fetzen durch die mächtigen Moränen- und Schotterablagerungen der letzten Eiszeit unserer Beobachtung entzogen worden sind. Aber trotz alledem dürfen wir füglich behaupten, dass der Hochterrassenschotter innerhalb der Grenze der letzten Vergletscherung nur ganz sporadisch auftritt, während er sich unmittelbar ausserhalb dieser Zone als zusammenhängende Flächen verfolgen lässt. Wie haben wir uns diese eigentümliche Erscheinung zu erklären? Hat der Gletscher die Hochterrassenschotter zu einer Zeit aufgeschüttet, als sein Ende sich in der Gegend der Grenze der letzten Vergletscherung befand, um dann auf dem Rückzug innerhalb dieser Zone nur noch sporadische Schotterreste liegen zu lassen, oder hat ursprünglich doch der Hochterrassenschotter auch innerhalb der fraglichen Gletschergrenze eine grössere Verbreitung aufgewiesen, um nachträglich durch die Glacialerosion der letzten Vergletscherung auf vereinzelt Reste reduziert zu werden? Wir stehen hier vor einem Rätsel, zu dessen endgültiger Lösung noch weitere Untersuchungen nötig sind.

III. Die Altmoränen

1. des Linth-Rheingletschers

sind die Moränen derjenigen Vergletscherung, deren Gletscherbäche als fluvio-glaciale Facies den Hochterrassenschotter abgelagert haben. Wie beim letzteren, so sind auch die Altmoränen ärmer an kristallinen Gesteinen als die Ablagerungen der letzten Eiszeit; wir müssen dabei aber berücksichtigen, dass dieses Merkmal oft trügerisch sein kann, indem auch in Altmoränen lokale Anhäufungen von kristallinen Gesteinen vorkommen können; eine gleichmässige Mischung des Materiales kommt erst beim Transport durch das Gletscherwasser d. h. bei der Umwandlung der Moränen in Schotter zu stande. Ein besseres Unterscheidungsmerkmal ist die Zersetzung des Materiales, die hier stärker vorgeschritten ist als bei den frisch erhaltenen jüngsten Diluvialbildungen, sowie die Höhenlage.

Zu den Altmoränen rechne ich das gekritzte und eckige Gesteinsmaterial, das 0,7 km. südwestlich von *Raal* (geol. Karte Nr. 36) in einem Hohlweg bei zirka 600 m. Höhe aufgeschlossen ist. Die Ablagerung ist hier an den Decken-

schotter angepresst, aber auch dessen Oberfläche ist noch in einer Höhe von 621 m. mit verschiedenen kubikfussgrossen erratischen Blöcken überstreut. Auf der rechten Seite des *Glatttales* muss nach seinem Habitus auch das stark verwitterte Material der Kiesgrube am *Ottenberg*, 2 km. nördlich *Bülach* (T. A. Bl. 41) der vorletzten Vergletscherung zugewiesen werden. In den untern Partien des Aufschlusses beobachten wir einen gut geschwemmten Schotter mit einzelnen Straten von Glimmersanden, die zu hartem Sandstein verkittet sind. Nach oben geht der Schotter allmählich in Moräne über. Als drittes Beispiel einer Altmoräne erwähne ich eine Geröllmasse in der Kiesgrube am *Riesebühl*, 1 km. südlich *Buchberg* (T. A. Bl. 27); *Gutzwiller* gibt dafür folgende petrographische Merkmale an: „Die feldspatführenden Gesteine sind meist stark zersetzt, viele Geschiebe erscheinen oft noch sehr kantig; ihre Lage weist auf eine Strömung von S nach N. Von den Gesteinsarten finden wir ausser den Geschieben der miocänen Nagelfluh und den alpinen Kalken: Amphibolite, Diorite (selten), grüne und rote Verrucano, Melaphyre (selten), Albula-Juliergranite, Gneisse, sericitische Schiefer, Tavayannazsandsteine etc.“¹⁾.

Von Interesse sind in diesem Aufschlusse besonders die Lagerungsverhältnisse. In den untern Partien haben wir einen gut gerollten und geschichteten Schotter, der von einem ziemlich weit alpeneinwärts gelegenen Stillstand des Gletscherendes abgeschwemmt worden sein muss. Nach oben wird die Schichtung allmählich schlechter, und oben sehen wir das Profil durch eine grossblockige Moräne abgeschlossen, die direkt vom Eise abgesetzt wurde, wir haben also hier, wie auch in der vorhin genannten Kiesgrube am *Ottenberg*, Lagerungsverhältnisse, welche uns verschiedene Stadien eines vorrückenden Gletschers repräsentieren.

Meine geol. Karte Nr. 36 verzeichnet noch verschiedene Stellen, wo sich vereinzelte Reste von Altmoränen, meistens Grundmoränen, nachweisen liessen, so z. B. am N-Abhang des *Laubberges* nördlich *Glattfelden*, in einem Steinbruch bei *Zweidlen*, ferner bei *Weiach*.

Die höchsten Vorkommnisse von Altmoränen beobachtete ich am *Irchel*, wo im Sommer 1903 südlich von *Buch* noch zwischen 670—690 m. Höhe Moränen durch die Anlage einer neuen Strasse blossgelegt waren. Auch auf dem Deckenschotterplateau des *Irchels* treffen wir an verschiedenen Stellen erratische Blöcke, die nur der vorletzten Eiszeit zugewiesen werden können. Wir sehen daraus, dass zur Zeit der Ablagerung der Altmoränen der ganze nördliche Teil des Kantons *Zürich* vom Eise überflutet war, selbst der höchste

¹⁾ A. Gutzwiller, Diluvialbildungen etc., S. 615.

Punkt, der *Irchel*, war zu niedrig, um als Insel aus den starren Wogen dieses gewaltigen Eismeeres hervorzutauchen.

Als Altmoränen kartierte ich auch eine Ablagerung, die nördlich und östlich von *Rafz* (geol. Karte Nr. 35) an verschiedenen Stellen aufgeschlossen ist. In der Kiesgrube rechts an der Strasse nach *Baltenswil* (1 km. nördlich *Rafz*) ist es eine Geröllmasse mit viel geschichtetem Schlamm und kopfgrossen eckigen Blöcken; höher oben finden wir dann in einem Hohlweg lehmige Grundmoräne. Von stärkerer Mitwirkung des Wassers bei der Ablagerung zeugt das Material, welches den kegelstumpfförmigen *Schürlibuck* zusammensetzt und in nächster Nähe desselben in mehreren Kiesgruben aufgeschlossen ist; stellenweise lässt sich auch hier Verkittung zu Nagelfluh mit Höhlenbildung beobachten.

Der Gletscherstrom der vorletzten Eiszeit ist aber am SW-Abhang des *Rafzerfeldes* nicht stehen geblieben; in kühnem Zug hat er die Wasserscheide zwischen *Wil* und *Griessen*, resp. zwischen *Rafzerfeld* und *Klettgau* durch die Einsenkung bei *Bühl* überschritten, was aus zahlreichen Moränenaufschlüssen in der Gegend von *Buchenloo*, *Dettighofen* und *Bühl* hervorgeht. In der Kiesgrube bei *Buchenloo* (T. A. Bl. 24) ist ein 10 m. hoher Aufschluss von geschwemmtem Erratikum, in dem nicht selten gut gekritzte Alpenkalke zu finden sind. Schon *Gutzwiller* erwähnt diesen Aufschluss und hat darin Sernifite, Melaphyre, Albulagranite und Tavayannazsandsteine beobachtet¹⁾. Nur 200 m. westlich liegt in einem Bachbett ein zirka 4 Kubikmeter grosser Quarzsandsteinblock neben vielen kleinern erratischen Blöcken. Wie aus einem halben Dutzend Aufschlüssen an Wegen und in Äckern hervorgeht, ist das ganze nach S geneigte Gelände zwischen *Dettighofen*, *Bühl* und *Buchenloo* mit Grundmoräne überkleistert. Auf einer Exkursion am 28. Sept. 1903 mit Herrn *Alexander Würtemberger* in *Dettighofen* liessen sich hier erratische Blöcke, besonders rote Verrucano beim Hofe *Hinter-Eichberg* bis zu 570 m. Höhe verfolgen; wir müssen also die Gletscheroberfläche der vorletzten Eiszeit hier mindestens so hoch hinauf verlegen. Südlich von *Bühl*, am N-Abhang des *Kaltwangen*, ist das Erratikum etwas dünner gesät, aber auch hier lassen sich beim *Kaiserhof* vereinzelte Fündlinge bis zu einer Höhe von 550 m. hinauf nachweisen.

Der Eisstrom, der hier auf seiner Reise vom *Rafzerfeld* in den *Klettgau* die beschriebenen Gletscherspuren hinterlassen hat, muss dem *Linthgletscher*, resp. dem durch das *Walenseetal* vereinigten *Linth-Rheingletscher* angehören, finden wir doch in den Aufschlüssen bei *Buchenloo* viele Tavayannazsandsteine, die aus dem Einzugsgebiet des *Linthgletschers* stammen müssen. Damit haben

¹⁾ *Gutzwiller*, Die Diluvialbildungen in der Umgebung von Basel, S. 616.

wir auch eine Erklärung für das rätselhafte Vorkommen (siehe Seite 21) von Tavayannazsandsteinen in der sonst aus Rheindiluvium zusammengesetzten Hochterrasse des *Klettgau* von *Griessen* an abwärts: diese Gesteine sind vom *Rafzerfeld* aus durch den soeben angegebenen Zweig des Linthgletschers über die Einsenkung von *Bühl* in den *Klettgau* verfrachtet worden, um sich hier der zu dieser Zeit sich ablagernden Hochterrasse beizumischen.

Vergleichen wir die vorhin festgestellte Verbreitung des Linthgletschers im *Rafzerfeld* mit den Verhältnissen dieser Gegend während der nachfolgenden, der letzten Eiszeit, so ergeben sich wesentliche Differenzen. Zur Zeit der Bildung der Altmoränen war also das ganze *Rafzerfeld* bis zum *Klettgau* vom Linthgletscher erfüllt, in der letzten Eiszeit dagegen haben die Eismassen des Rheingletschers den ganzen obern Rand des *Rafzerfeldes* umsäumt, und seine Schmelzwasser haben den später zu besprechenden Gletscherboden in einem Gebiete gebaut, das in der vorhergehenden Eiszeit vom Linthgletscher überflutet war.

Der während der vorletzten Eiszeit in den *Klettgau* abgeflossene Eisstrom war nur ein kleiner Teil des *Linthgletschers*, der grösste Teil desselben hat das heutige *Rheintal* als Abfluss benutzt, und sich in dieser Richtung noch weit über die Grenzen unseres Gebietes verbreitet. Wir finden seine Spuren als Grundmoränen am S-Abhang des Hochterrassenplateaus *Grossholz*, nördlich *Kaiserstuhl* (geol. Karte Nr. 36), an verschiedenen Stellen aufgeschlossen. Im Walde zwischen *Kaiserstuhl* und *Bergöschingen* liegt in zirka 450 m. Höhe ein 8 m. langer Verrucanoblock, dessen Rauminhalt ich auf 100—120 Kubikmeter schätze, und daneben einige kleinere Blöcke desselben Gesteines. In ungefähr gleicher Höhe ist beim *Weilerhof*, 1 km. südwestlich *Bergöschingen*, eine 8 m. tiefe Kiesgrube in einer Obermoräne angelegt, die aus eckigem Material mit grossen Blöcken besteht. Steigen wir am *Kaltwangen* höher empor, so finden wir beim Reservoir von *Bergöschingen* Grundmoräne bei 485 m., beim *Reutehof* (T. A. Bl. 24) sogar bei zirka 555 m. Höhe. Weitere Moränenaufschlüsse mit grösseren Verrucanoblöcken beobachtete ich an der Strasse von *Lienheim* nach *Küssnach*. Aber auch rheinabwärts finden wir ausserhalb unseres Gebietes noch viele Spuren der vorletzten, der grössten aller Vergletscherungen; erst die Moränen auf dem *Möhlinerfeld*, östlich von *Rheinfelden*, bestimmen das untere Ende dieses gewaltigen Eisstromes¹⁾.

¹⁾ Penck und Br., Die Alpen im Eiszeitalter. Liefg. 5, 1908, S. 487.

2. Die Altmoränen des Rheingletschers in der Umgebung von Schaffhausen

müssen wegen ihres Gehaltes an Dioriten, Albula-Juliergraniten und andern im *Bündnerland* anstehenden Gesteinen zum Verbreitungsgebiet des Rheingletschers gerechnet werden, der hier als lokale Facies noch *Hohentwieler* Phonolithe und Weissjurakalke des *Randen* in seinem Erratum aufzuweisen hat. Am SE-Abhang des *Randen* fand ich in einer Grube nördlich von *Lohn* noch einen erratischen Phonolithblock in einer Höhe von 668 m. Der Zahn der Zeit hatte an demselben schon bedenklich genagt, die Sanidine waren schon ganz herausgewittert, so dass die Oberfläche ganz mit Löchern besät war. *Meister* beobachtete an der Strasse von *Wiechs* nach *Huslach* bei 650 m. noch eine 2,5 m. mächtige Schicht von frischem alpinem Schotter und bei 600 m. noch 2 Amphibolite; wir müssen daher die Eisoberfläche am *Randen* zu mindestens 670 m. annehmen. Zu den Altmoränen rechne ich auch die Geröllmasse am *Wolfbuck*, 3 km. nordwestlich *Schaffhausen* (T. A. Bl. 14), sowie den Kies auf dem *Griesbach* und am Ostrand der *Sommerhalde*, rechts an der Strasse von *Schaffhausen* nach *Hemmenthal*.

Im Januar 1907 beobachtete ich am S-Abhang des *Kohlfirst*, 1 km. nordöstlich von *Benken* (T. A. Bl. 47), bei einem Strassenbau verschiedene Aufschlüsse von verschwemmten Grundmoränen, die hier an den Deckenschotter angepresst sind und wegen ihrer weit vorgeschrittenen Zersetzung als Altmoränen gelten müssen.

Die Eismassen der vorletzten Vergletscherung sind auch in den *Klettgau* vorgedrungen. Eine 6–8 m. mächtige Schicht von einem gebänderten Grundmoränenlehm mit schön gekritzten Geschieben ist in der Lehmgrube bei der Ziegelhütte, 2 km. südwestlich von *Löhningen* (geol. Karte Nr. 35), in die *Klettgauer* Hochterrasse eingelagert¹⁾. Die äusserste Grenze der Verbreitung des Gletschereises im *Klettgau* wird uns durch einen roten Verrucanoblock repräsentiert, der früher im *Wadtälchen* südwestlich von *Hallau* lag. Ein grosses Stück desselben wurde dem *Hallauer* Naturfreund Dr. *Rahm* auf das Grab gelegt, trotzdem ragte er, wie uns *Merklein*²⁾ berichtet, 1869 noch einige Fuss hoch aus dem Boden. Heute sind einige kleine Brocken in einem Fussweg die letzten Reste dieses interessanten Blockes.

¹⁾ *Penck* (Die Diluvialbildungen um Schaffhausen etc., S. 162) konnte im April 1903 folgendes Profil beobachten: 2–3 m. Lösslehm, 3 m. Schotter, 5 m. ohne Aufschluss, 6–8 m. grauen Bänderton mit gekritzten Geschieben, 2–3 m. Sand, 5 m. ohne Aufschluss, 2 m. Schotter, 0,5 m. Mergel, 8–10 m. Schotter, stellenweise zu Nagelfluh verkittet.

²⁾ *Merklein*, Beiträge zur Kenntnis der Erdoberfläche um Schaffhausen, 1869, S. 88.

IV. Beziehungen zwischen Moränen und Schottern.

Die Hauptmasse der Schotter einer Eiszeit schliesst sich in der Regel an die Endmoräne ihrer maximalen Ausdehnung an; wir können dies besonders schön bei der letzten Eiszeit konstatieren. Ganz anders bei der vorletzten Vergletscherung! Im untern *Glatttal*, im *Rafzerfeld* und im *Klettgau* sind die Hochterrassen als regelmässige Felder ausgebildet, in einem Gebiete, das, aus der Verbreitung der Altmoränen zu schliessen, während der entsprechenden Eiszeit ganz vom Gletscher überflutet war. *Frey*¹⁾ sagt daher mit Recht: „Die Hochterrasse ist lediglich das Produkt einer Anfangsphase der Periode der vorletzten Vergletscherung. Einem längeren Stillstand während der Schotterbildung folgte nicht der Rückzug, sondern vielmehr der allgemeine Vorstoss desselben Gletschers weit über die Grenzen des Molasselandes hinaus, bis jenseits des Jura.“ Wo haben wir uns denn in unserem Gebiete diesen schotterbildenden Stillstand des Gletschers im Anfang der dritten Eiszeit zu denken? Wie wir schon auf Seite 24 darauf hingewiesen haben, ist es möglich, dass dieser Stillstand mit der Grenze der letzten Vergletscherung, dem innern Abschluss der allgemeinen Verbreitung der Hochterrasse, zusammenfällt; die in dieser Zone gelegene, vom vorrückenden Gletscher gebildete Verknüpfung von Hochterrasse mit Altmoränen bei *Buchberg* und am *Ottenberg* bei *Bülach* scheint dies zu bestätigen; der Beginn der Schotterbildung muss aber mit einem noch weiter alpenwärts gelegenen Stadium zusammen fallen, denn als Ausfüllungsmaterial des interglacialen *Rheintales* können wir den Hochterrassenschotter unten am Niveau des Flusses bis nach *Diessenhofen* verfolgen.

¹⁾ O. Frey, Talbildung und glaciaie Ablagerung zwischen Emme und Reuss. Zürich 1907. Diss.

D. Interglaciale Bildungen.

I. Das interglaciale Rheintal.

1. Ältere Schotter unter der Niederterrasse.

Bereits bei der Besprechung des Hochterrassenschotter haben wir gelegentlich gezeigt, dass der letztere bis zum Niveau der Niederterrasse herabreicht; wir werden im Folgenden zeigen, dass die älteren Schotter gelegentlich noch tiefer vorkommen können.

An der Strasse *Rheinau-Jestetten* ladet uns bei der *Römerbrücke* im Tobel des *Volkenbachs* eine muntere Quelle zu einem Trunke frischen Wassers ein. Sie entströmt einem gut verkitteten Schotter, der in einer Höhe von 400 bis 410 m. die Süssmassermolasse überlagert. Seine Zusammensetzung ist sehr monoton; einige Verrucanogerölle und sericitische Schiefer sind das einzige, was der Hammer an älteren alpinen Gesteinen herauszuklopfen vermag, wir müssen daher den Schotter als älter betrachten als die Niederterrasse, die über dem Aufschluss ein deutliches Feld bildet (*Schnellgalgen*, geol. Karte Nr. 35). Eine ähnliche Nagelfluh beobachten wir unter der Niederterrasse (Rückzugsterrasse Nr. IV der geol. Karte Nr. 35) an der Strasse von *Altenburg* nach *Nol*.

2. Interglaciales Tal am Rheinfall.

Das lehrreichste Profil mit diesem alten Schotter bietet uns die unmittelbare Umgebung des Rheinfalles. Wandern wir auf dem jedem Rheinfallbesucher bekannten Fussweg von der Eisenbahnbrücke auf der rechten Flussseite nach dem Schlösschen *Wörth*, so sehen wir die erste Strecke des Weges in die massigen Kalke der Wettingerschichten eingehauen. Hinter der Aluminiumfabrik hört die steile Kalkwand auf, aus der grasbedeckten Böschung gucken an mehreren Stellen Felsen hervor, in welchen wir bei näherem Zusehen einen diluvialen Schotter erkennen, dem eine intensive Verkalkung ein kompaktes Aussehen verleiht. Herr Professor *A. Heim* hat bei Anlass einer Quellen-

expertise feststellen können, dass der Schotter hier bis zum Niveau des *Rheines* herabreicht, ohne dass das Liegende erreicht worden wäre. Es entströmen hier dem Schotter eine Anzahl wasserreicher Quellen, die zum Teil für die Wasserversorgung *Neuhausen* gefasst sind, zum Teil unbenutzt im Rheinbette zu Tage treten. (Nur bei niedrigem Wasserstand sichtbar!) Das Hangende des Schotters, den wir in der Folge „Rheinfallschotter“ nennen wollen, bildet eine lehmige Grundmoräne und darüber folgt dann der Niederterrassenschotter, der hier zwei Terrassen bildet.

Setzen wir die begonnene Wanderung weiter fort, so treffen wir den weissen Jura noch vor dem Schlösschen *Wörth* neuerdings anstehend; wir ersehen daraus, dass der Rheinfallschotter ein schmales, in den Jura eingesenktes Tal ausfüllt, das schon vor mehr als 30 Jahren von *L. Württenberger*¹⁾ erkannt und mit der Entstehung des Rheinfalles in Beziehung gebracht worden ist.

Es hält insofern schwer, dieses merkwürdige Tal nach oben fortzusetzen, als hier die natürlichen Aufschlüsse um etwa 20 m., d. h. um die Höhe des Rheinfalles weniger tief herabreichen. Herr Professor *Meister*²⁾ hat beim Bau der Eisenbahnbrücke in *Schaffhausen* beobachtet, dass der Pfeiler bei den *Fischerhäusern* (am rechten Rheinufer) 9 m. unter der Sohle des heutigen Rheines in einen Schotter eingesenkt wurde, ohne dass man dessen Liegendes erreichte. *Penck*³⁾ und *Meister*²⁾ haben daraus geschlossen, dass hier das am Rheinfall aufgeschlossene Tal mit der heutigen Flussrichtung wieder zusammenfalle. Damit wären zwei Punkte des interglacialen Rheintales bestimmt, wo haben wir das Verbindungsstück zu suchen? Bei *Schaffhausen* und auf der Strecke von *Flurlingen* bis zum Rheinfall steht am Flussbett Jura oder Molasse an, nur bei *Flurlingen* ist einige 100 m. weit auf beiden Seiten des Flusses kein anstehender Felsen zu sehen. Im Winter 1904/05 beobachtete ich zwischen dem *S. B. B. Bahnhof* und der *Rabenfluh* einen kleinen Ausstrich von Rheinfallschotter. Wir müssen annehmen, dass hier eine Kreuzungsstelle des ehemaligen mit dem heutigen *Rheine* vorliege, das interglaciale *Rheintal* müsste demnach von der Eisenbahnbrücke bei *Schaffhausen* über *Feuarthalen*, *Flurlingen* fast in gerader Linie zum Schlösschen *Wörth* am Rheinfall verlaufen sein.

¹⁾ *L. Württenberger*, Über die Entstehung des Schaffhauser Rheinfalles. Jahrbuch für Mineralogie 1871, S. 582—588.

²⁾ *Meister, J.*, Das Schaffhauser Diluvium. Verhandlungen der schweiz. naturf. Gesellschaft 1894, S. 14 und 17.

³⁾ *Penck*, Die Glacialbildungen um Schaffhausen etc., S. 174.

3. Profil bei Rheinau.

Ein zweites Profil mit dem interglacialen *Rheintal* bietet uns das linke Ufer des *Rheines* bei seinem ersten, gegen S gerichteten Bogen der Serpentine von *Rheinau*. Wandern wir bei niedrigem Wasserstand, am besten im Flussbett, von der *Fischzuchtanstalt* (1 km. südlich von *Dachsen*, geol. Karte Nr. 35) talabwärts, so finden wir zunächst an der *Rötehalde* überall Molasse anstehend.

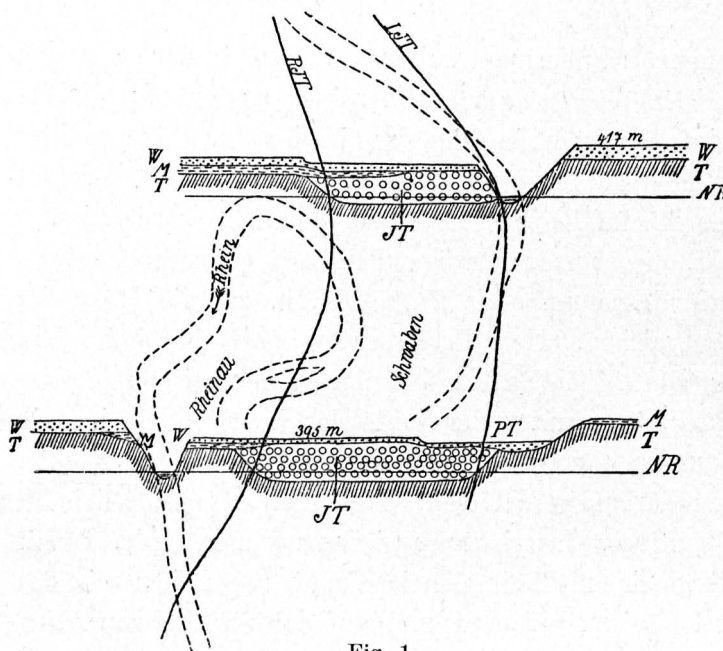


Fig. 1.

Kartenskizze des heutigen und des interglacialen Rheintales bei Rheinau mit zwei Querprofilen.

1 : 50,000.

- T Anstehende Molasse.
- JT Verkittete ältere Schotter, Ausfüllungsmaterial des interglacialen Rheintales.
- RJT Rechtes Ufer des interglacialen Rheintales.
- LJT Linkes Ufer des interglacialen Rheintales.
- M Lehmige Grundmoräne der letzten Vergletscherung.
- W Niederterrassenschotter.
- PT Postglaciale Terrasse.
- NR Heutiges Niveau des Rheines.

Über den feuchten, lehmigen Abhang rieselt stellenweise das Wasser einiger Quellen nieder, die uns die untere Grenze des Niederterrassenschotter bezeichnen. Ob der letztere hier überall direkt auf Molasse aufliegt, lässt sich nicht durch Aufschlüsse beweisen; wahrscheinlich schiebt sich stellenweise noch Grundmoräne zwischen beide Ablagerungen hinein, wie wir dies später für die nächste Umgebung von *Rheinau* zeigen werden (siehe Kapitel E I 3).

Setzen wir unsere Wanderung fort, so sehen wir beim *Oberboden* das Ufer steiler werden, der Waldwuchs wird mager und die Wasserläufe ver-

schwinden. Am Fuss des Abhanges bespült der *Rhein* einen halbverkitteten Kies, der in seiner petrographischen Zusammensetzung mit dem Rheinfallschotter übereinstimmt, und aus dem Waldboden stechen stellenweise gut verfestigte Partien als Nagelfluh hervor. In der Nähe von *Rheinau* wird der Abhang neuerdings feucht, wir haben wieder Molasse, welche von Grundmoräne und Niederterrassenschotter bedeckt ist. Wir haben also ähnlich wie am Rheinfall ein in Molasse eingesenktes Flusstal, das durch einen Schotter gleichsam

„versteinert“ ist; es ist die Fortsetzung des interglacialen Tales, das wir von *Schaffhausen* über *Flurlingen* nach *Neuhausen* verfolgt haben.

Suchen wir nun die Verbindung der beiden Talstücke festzustellen. Unterhalb des Rheinfalles wendet sich das alte Tal direkt über den *Rhein* bis nahe an das Schloss *Laufen*, der Fussweg von hier nach dem *Fischets* (Übergangsstelle zum Schlösschen *Wörth*) ist ganz in Rheinfallschotter angelegt, der hier an eine steile Kalkwand, das linke Ufer des interglacialen Tales, anstösst. Weitere Aufschlüsse von unserem Schotter sind längs der Bahnlinie gegen *Dachsen*, ebenso unten am linken Ufer des *Rheines*; der alte Fluss ist also früher etwas weiter östlich geflossen als der heutige *Rhein*, aber nur bis zur *Fischzuchtanstalt*, hier steht Molasse an, wir sind also bereits ausserhalb des interglacialen Tales.

Auf der rechten Rheinseite sehen wir das alte Tal zwischen dem Schlösschen *Wörth* und *Nol* eine schüchterne Bewegung gegen W machen, aber schon bei *Nol* ist wieder Jura anstehend. Etwas weiter unten erscheint der Schotter neuerdings, zuerst oben am Abhang an der Strasse von *Altenburg* nach *Nol* über Jurakalk, dann steigt er ganz bis zum Niveau des *Rheines* herunter; wir sind hier in der rechten Uferregion des interglacialen Tales. Das letztere verläuft dann, die gleiche Richtung ungefähr beibehaltend, durch die Halbinsel *Schwaben*, die fast ganz aus Rheinfallschotter bestehen muss; der letztere ist dann auch auf der W-Seite der Halbinsel durch den *Rhein* ein Stück weit entblösst, wo aber der Fluss bei *Altenburg* scharf gegen S umbiegt, bildet neuerdings die Molasse das Ufer; wir sind also bereits über das rechte Ufer des interglacialen Tales hinausgekommen. Auch an der äussersten Spitze der Halbinsel *Schwaben* tauchen die bunten Mergel der untern Süsswassermolasse hervor, sie liegt also auf dem rechten Ufer des alten Tales.

4. Rheinau bis Kaiserstuhl.

Gegenüber *Balm* wird auf der linken Rheinseite die Molasse durch den Rheinfallschotter abgelöst und etwas weiter unten hört auch auf dem rechten Ufer das wellige Rutschterrain der Molasse auf, indem diese durch Glacial-schotter ersetzt wird; diese Übergangsstellen sind neue Punkte für das rechte Ufer des interglacialen Tales.

Von hier an verlieren wir die Spuren des alten Flusslaufes, denn gerade an dieser Stelle hat der *Rhein* in der Postglacialzeit mit der Anlage seines Terrassensystemes begonnen und damit die älteren Bildungen verdeckt oder weggeräumt. Von *Rüdlingen* an ist auf eine weite Strecke hin nur Molasse

anstehend, von Rheinfallschotter keine Spur. Erst in einem Dornestrüpp unter der Eisenbahnbrücke bei *Eglisau* erscheint er auf der rechten Rheinseite neuerdings, und etwa 200 m. weiter abwärts löst der Schotter die Molasse auch auf der linken Seite ab, alter und neuer Lauf decken sich also hier nach langer Trennung wieder.

Wo mag nun das fehlende Stück durchgehen? Zwischen *Rüdlingen* und *Nack* (T. A. Bl. 27 und geol. Karte Nr. 35) zeigt die Molasse eine 2,5 km. breite Lücke, sonst lässt sie sich ununterbrochen vom *Irchel* bis nach *Jestetten* verfolgen; das interglaciale Rheintal kann sich daher nur durch diese Lücke dem *Rafzerfeld* zugewendet haben, um sich bei der Eisenbahnbrücke *Eglisau* mit der Richtung des heutigen *Rheines* zu vereinigen.

1,6 km. unterhalb der Eisenbahnbrücke erscheint am linken Rheinufer schon wieder Molasse und etwas weiter unten löst sie auch auf der rechten Seite den Schotter ab, so dass der *Rhein* bei der *Glattmündung* in einem epigenetischen Tale dahinfließt, wie übrigens auch die *Glatt* in ihrem Unterlauf. Bei der Bahnstation *Zweidlen* wird die Molasse auf der rechten Seite neuerdings durch den Schotter vertreten. (Siehe Figur 5, Seite 44). Unterhalb *Herdern* war im Dezember 1903 ein durch frische Rutschung entstandener Aufschluss zu beobachten¹⁾, in dem der Rheinfallschotter zirka 5 m. über dem Flussniveau die Molasse überlagerte. Diese Stelle scheint bereits dem rechten Ufer des interglacialen Tales anzugehören, das hier auf eine kurze Strecke nach S vom heutigen Tale abweicht.

5. Das interglaciale Rheintal von Kaiserstuhl bis zur Aaremündung.

Weiter abwärts gegen *Kaiserstuhl* finden wir den alten Lauf wieder auf der rechten Seite des *Rheines*, denn am linken Ufer ist Jura und auf der rechten Seite an einigen Stellen Schotter anstehend. Unterhalb der Rheinbrücke bei *Kaiserstuhl* hat sich das Blättlein neuerdings gewendet, indem auf der linken Seite des Flusses Aufschlüsse von Rheinfallnagelfluh zu beobachten sind, während das rechte Ufer ein Stück weit durch Kalkwände gebildet ist. Auf einer kurzen Strecke verschiebt sich das alte Tal wieder nach rechts (Jurakalk am linken Rheinufer anstehend), um dann neuerdings auf beiden Seiten mit dem heutigen *Rheine* zusammenzufallen, wie dies an der Mündung des *Fisibaches* (1,1 km. nordwestlich *Kaiserstuhl*) der Fall ist. Verfolgen wir dort das Bachtobel etwas nach oben, so beobachten wir bis etwa 80 m.

¹⁾ Exkursion mit Herrn Dr. Arnold Heim.

vom Rheinufer entfernt Rheinfallnagelfluh, dann wird sie durch Jurakalk abgelöst; die Kontaktstelle gibt uns das linke Ufer des interglacialen *Rheintales* an. Das letztere verschiebt sich dann wieder etwas gegen N, die liederumklungene Ruine *Schwarzwasserstels* am linken Rheinufer liegt schon auf Jura, auf der rechten Seite ist in der Umgebung von *Weisswasserstels* wieder Schotter anstehend und zirka 150 m. oberhalb der Mündung des *Weilergrabens* hinter der *Mühle* bezeichnet uns eine Kalkwand auch das rechte Ufer des interglacialen *Rheintales*. Dieses verläuft dann hinter der Ruine *Weisswasserstels* wieder zum *Rhein* und bildet als steile Fluh eine Strecke weit dessen rechtes Ufer, während auf der linken Rheinseite stellenweise wieder Schotter sichtbar sind. Der nach S gerichtete Bogen des *Rheines* bei *Rümikon* liegt bereits auf der linken Seite des interglacialen Tales. Etwas unterhalb der Fähre bei *Lienheim* scheint sich das interglaciale Tal schon wieder auf die linke Seite des *Rheines* verschoben zu haben, denn auf eine kleine Strecke ist hier der Jura auf beiden Seiten des Flusses anstehend.

Von hier bis *Reckingen* beobachtete ich nur einige sporadisch verteilte Reste von Rheinfallnagelfluh, die nur unbedeutende Abweichungen vom heutigen *Rhein* erkennen lassen; dann verlieren wir die Spuren des interglacialen Tales fast ganz, weil auf weite Strecken hin die postglacialen Terrassen sich nahe zum Niveau des *Rheines* herabsenken. Erst 1 km. nordwestlich von *Rietheim* (T. A. Bl. 21) ändert sich die Situation; das Tal wird hier auf einmal epigenetisch, der *Rhein* zwingt sich mühsam zwischen steilen, aus triasischen Schichten gebildeten Wänden hindurch. Von einer Höhe aus gesehen schimmern die Klippen überall im Flussbett durch die dünne Wasserbedeckung hindurch und dazwischen kennzeichnen dunkelblaue Bänder den Verlauf der tiefen Rillen mit stärkerer Strömung. Bei der *Gipsmühle* löst die Nagelfluh die triasischen Schichten auf der rechten Flussseite wieder ab, und bei der Einmündung des Kanales der *Gipsmühle* finden wir unser liebes Konglomerat auch wieder am linken Rheinufer anstehend. Die beiden Kontaktstellen zwischen Schotter und Anstehendem sind zwei Punkte vom linken Ufer des interglacialen *Rheintales*, das hier den heutigen *Rhein* kreuzt, resp. mit ihm wieder zusammenfällt. Die Dinge liegen hier genau so wie am Rheinfall, aber an dieser Stelle ist der Übergang vom epigenetischen Talstück zum alten Tal durch einen starken Gefällsbruch ausgezeichnet, was bei der *Gipsmühle* nicht mehr der Fall ist, denn hier ist der Gesteinsriegel fast auf das normale Flussprofil durchsägt, während am Rheinfall dieses Stadium der Flusserosion bei Weitem noch nicht erreicht ist.

Weiter flussabwärts fand ich die Rheinfallnagelfluh auf der linken Rheinseite gegenüber der *Wutach*mündung, ferner am rechten Ufer der *Wutach* bei

ihrer Vereinigung mit dem *Rhein*, sowie am linken Ufer des Flüsschens 0,8 km. oberhalb der Mündung. An allen drei Aufschlüssen reicht die Nagelfluh bis zum Wasserspiegel herab¹⁾).

Einen weitem Aufschluss von Nagelfluh finden wir auf der rechten Rheinseite gegenüber von *Koblenz*. Von hier scheint sich das interglaciale Tal ungefähr in der Richtung über die Station *Koblenz* gegen *Leibstadt* gezogen zu haben, so dass der westliche Ausläufer des *Grüttelhölsli* (halbwegs zwischen Station und Dorf *Koblenz*) und die Höhe nördlich von *Reuental* bereits dem rechten Ufer angehören, da sie aus dem Anstehenden sich zusammensetzen; die Sache ist aber noch nicht völlig abgeklärt. Weitere Untersuchungen in der Mündungsgegend von *Wutach* und *Aare* werden auch hier den Schleier noch heben können.

6. Grundwasserverhältnisse und Sohlentiefe des interglacialen Rheintales.

So hätten wir denn auf einer beträchtlichen Strecke des schweizerischen Rheingebietes die Spuren eines alten Tales nachgewiesen, das an vielen Stellen vom heutigen abweicht. Vergewärtigen wir uns, dass diese Talrinne in für Wasser undurchlässige Schichten von Molasse, Jura und Trias eingesenkt, aber von einem ganz durchlässigen Schotter ausgefüllt ist, so sind die Bedingungen für die Bildung eines Grundwasserstromes ungemein günstig. Diese Wasserader wird naturgemäss der Sohle des alten Tales folgen und so gleichsam ein Abbild des ehemaligen Flusses darstellen.

Unterhalb des Rheinfalles, resp. der Stelle, wo die alte Talrinne zum erstenmal bis tief hinunter aufgeschlossen ist, treten die bereits auf Seite 31 genannten Quellen aus unserem Grundwasserstrom zu Tage. Als man hier zur Fassung des Wassers für die Wasserversorgung *Neuhausen* einen Schacht anlegte, wurde 11 m. unter dem Niveau des *Rheines* (361 m.) das Liegende des Schotters noch nicht erreicht, die Sohle des alten Tales muss also hier mindestens bis auf 350 m. hinuntergehen.

Im Winter 1904/05 hat auch die Stadt *Schaffhausen* auf ein Gutachten von Professor *Meister* die nötigen Bohrungen ausgeführt, um aus dem unerschöpflichen Grundwasserstrom des alten *Rheintales* den Trinkwasserbedarf zu

¹⁾ Wandern wir von diesem Punkte noch etwa $\frac{1}{2}$ km. der *Wutach* entlang aufwärts, so finden wir am Niveau des Flüsschens wieder Hochterrasse; ob diese mit dem interglacialen Rheintal zu kombinieren ist, oder dem im Alter entsprechenden Talzug des *Klettgau* angehört, vermag ich nicht sicher zu entscheiden.

decken. Man hat zu diesem Zwecke einige hundert Meter oberhalb der neuen Eisenbahnbrücke am rechten Rheinufer, an einer Stelle, wo das alte Tal vorzusetzen war, vier Brunnen zu zirka 30 m. abgeteuft, denen 7--8000 Minutenliter Grundwasser entnommen werden können. In allen vier Bohrlöchern, die bis auf 363,73 m.,¹⁾ d. h. nahezu 30 m. unter den Spiegel des Rheines herabreichen, ist nur Schotter ausgehoben worden, die Sohle des alten Tales muss also mindestens auf 363,73 m. oder noch tiefer liegen; wir dürfen daraus schliessen, dass der alte Rhein zwischen *Neuhausen* und *Schaffhausen* keinen Gefällsbruch bilden konnte, dass jene Zeit also keinen Rheinfeld gekannt hat.

Wo unterhalb *Rheinau* das interglaciale Tal und damit auch dessen Grundwasserstrom über den heutigen *Rhein* setzt, da quellen 3 km. südlich *Rheinau* bei niedrigem Wasserstande des *Rheines* grosse Mengen von Wasser aus dem Flusskies. Auf einer Strecke von zirka 300 m. zählte ich am 9. Dezember 1906 40 Quellen, darunter eine mit einem Ertrag von zirka 1000 Minutenliter. Am 23. Dezember, als der Wasserspiegel des *Rheines* noch tiefer gesunken war, kamen noch neue Quellen zum Vorschein, so dass auf einer Strecke von 300—400 m. fast ununterbrochen der austretende Grundwasserstrom sichtbar war. Bei Mittel- und Hochwasserstand des *Rheines* ist keine Quelle sichtbar, aber im Sommer lassen sich beim Baden die Austrittsstellen des Grundwassers an der verhältnismässig niedrigen Temperatur des Flusswassers in der Nähe des Ufers erkennen. Am 23. Dezember 1906 war die höchste Quelle zirka 0,3 m. über dem Spiegel des *Rheines*, diese Höhe wird ungefähr der Lage des Grundwasserspiegels zu dieser Zeit entsprechen. Bei höherem Wasserstand des *Rheines* wird sich infolge der Stauung der Quellen durch das Flusswasser der Spiegel des Grundwassers etwas heben.

Eine dritte Bohrung, die uns über die Lage der Sohle des alten Tales Aufschluss gibt, wurde im Mai 1905 1 km. unterhalb der Eisenbahnbrücke *Eglisau* 20 m. vom rechten Ufer entfernt, im *Rheine* ausgeführt, es ist dies eine Stelle, die im interglacialen Tale gelegen ist. Nachdem man sechs Tage lang durch Kies gebohrt hatte, wurde endlich 9,2 m. unter der Sohle des *Rheines* oder 10—11 m. unter dem Wasserspiegel die Molasse, resp. die frühere Talsohle erreicht²⁾ während die im März und April 1907 an der *Glattmündung*, d. h.

¹⁾ Mitteilung von Herrn Professor *Meister* und Bericht über die Erstellung einer Grundwasserversorgung an der Rheinhalde *Schaffhausen* 1907.

²⁾ Mitteilung von Herrn Ingenieur *Peter*, Direktor der Wasserwerke der Stadt *Zürich*. Die Bohrungen wurden zu Vorstudien für ein Wasserwerk ausgeführt.

in einem epigenetischen Talstück ausgeführten Bohrungen in allen 5 Bohrlöchern schon 1,5 m. unter der Sohle des *Rheines* auf feste Molasse stiessen. Die denkwürdige Bohrung vom 16. Mai 1905 gibt uns also einen sichern Punkt für die Sohlenbestimmung des alten Tales, wobei aber nicht zu entscheiden ist, ob dies gerade der tiefsten Stelle des ehemaligen Strombettes entspricht; wir können mit Bestimmtheit nur sagen, dass das interglaciale Tal unterhalb *Eglisau* mindestens 10 m. unter den Niederwasserspiegel des heutigen *Rheines*, d. h. bis zu 328 m. herabreiche.

7. Altersbestimmung des interglacialen Tales.

Wir haben bereits am Anfang dieses Kapitels darauf hingewiesen, dass das Ausfüllungsmaterial des beschriebenen Tallaufes ein Schotter ist, der sich von dem darüber lagernden Niederterrassenschotter in verschiedener Hinsicht unterscheidet. Neben der grösseren Armut an kristallinen Gesteinen kommt besonders die Verkittung in Betracht. Die tiefgelegenen Schotter sind meistens zu einer deckenschotterähnlichen Nagelfluh verkittet, ausgenommen an den Prallstellen des Flusses, wo die Verkittung, die überall von aussen nach innen fortschreitet, mit der fortschreitenden Erosion nicht Schritt zu halten vermag; bei dem jüngeren Niederterrassenschotter dagegen ist die Verkittung eine seltene Erscheinung. Ziehen wir ferner die Lagerungsverhältnisse in Betracht — unser Schotter ist bei *Rheinau* und am Rheinflall unter den zu der letzten Vergletscherung gehörenden Grundmoränen, auf welche dann erst der Niederterrassenschotter folgt (siehe Profil S. 32) — so müssen wir das Ausfüllungsmaterial des interglacialen *Rheintales* als Ablagerungsprodukt der vorletzten Vergletscherung, als Hochterrassenschotter, bezeichnen.

Bevor aber das beschriebene Tal ausgefüllt werden konnte, musste es vom *Rheine* erodiert werden. Innerhalb der vorletzten Eiszeit werden wir uns die Bildung dieser Furche kaum denken können, denn die Vergletscherungen sind im allgemeinen Accumulationszeiten, die nur durch Seitenerosion zur Vergrösserung ihrer Täler beitragen¹⁾, nach seiner Tiefe zu schliessen kann unser Tal nur das Produkt einer Tiefenerosionsperiode, d. h. einer Interglacialzeit sein; in unserem Fall kann es nur die vorletzte, die der Ablagerung der Hochterrasse vorausgehende Interglacialzeit sein. Am Schlusse dieser Periode muss also der

¹⁾ Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, 1902, Liefg 2, S. 115.

Rhein sein tiefstes Bett gehabt haben, tiefer als heutzutage und tiefer als während aller andern Interglacialzeiten.

Vergegenwärtigen wir uns, dass die der vorletzten Interglacialzeit vorausgehende Eiszeit mit der Accumulation des jüngern Deckenschotter, der in der Umgebung von *Eglisau* bis zu 540 m. (*Hilttenberg*) resp. 567 m. am *Rheinsberg* reicht, geendigt hat, so bekommen wir für die Tiefenerosion des *Rheines* während der vorletzten Interglacialzeit einen Wert von zirka 210 m.¹⁾ Während der Postglacialzeit hat sich der *Rhein* in der Umgebung von *Eglisau* nur 43 m. in die Tiefe gegraben²⁾, auch die Tiefenerosion der beiden übrigen Interglacialzeiten reicht bei Weitem nicht an 210 m. heran³⁾, wir können daher mit Bestimmtheit aussagen, dass die zweite, resp. vorletzte Interglacialzeit in Bezug auf Tiefenerosion die grösste Arbeit geleistet hat, und dass dieser Periode der Löwenanteil an der Bildung des *Rheintales* zukommt. Auf diese längste Interglacialzeit ist dann auch die grösste, die bereits besprochene vorletzte Vergletscherung gefolgt.

II. Das interglaciale Thurtal.

1. Ausfüllungsmaterial desselben.

Etwas anders sind nun die Verhältnisse im *Thurtal*. Auch hier finden wir unter den Moränen und Schottern, welche der Rheingletscher der letzten Eiszeit bei seinem Rückzug hinterlassen hat, eine diluviale Ablagerung, welche wie im *Rheintal* bis an das Niveau des Flusses herabreicht. Hier ist es aber eine Grundmoräne, die von der Eisenbahnbrücke bei *Ossingen* bis nach *Rüdlingen* am *Rhein* so ziemlich den gleichen petrographischen Habitus aufweist. Das Hauptkontingent an der Zusammensetzung desselben liefert ein hellgelber, feiner Sand, den wir als aufgearbeitete Molasse betrachten müssen. Stellenweise ist dieses sandige Material gut verkittet und bildet 2,3 km. östlich der *Thurmündung* eine 6 m. hohe senkrechte Wand. Am gleichen Ort sind in den Sand zahlreiche Konkretionen von eisenschüssigem Ton eingelagert. Der Grund-

¹⁾ Das Niveau des *Rheines* bei 328 m., d. h. zu 10—11 m. unter dem heutigen Flussniveau angenommen.

²⁾ Die letzte Rückzugsterrasse der letzten Vergletscherung ist bei *Eglisau* in einer Höhe von 382 m., das heutige Rheinniveau bei 339 m.

³⁾ Die Tiefenerosion der ersten Interglacialzeit haben wir Seite 18 zu 110—140 m. bestimmt, für die letzte Interglacialzeit ist eine Bestimmung in der Umgebung von *Eglisau* unmöglich, sie ist aber kaum mehr als 100 m., d. h. sie hat bei 480 m. (Niveau der Hochterrasse) begonnen und scheint nicht unter 380 herabgegangen zu sein.

moränensand hat in Farbe und Korn eine grosse Ähnlichkeit mit dem Löss und die Winde mögen hier ein ausgezeichnetes Rohmaterial für die Lössbildung gefunden haben. In den Sand sind vereinzelte Gesteinsbrocken in allen Grössen eingelagert, sie sind bald rund, bald ganz eckig, und zeigen verhältnismässig wenig Glacialspuren. Eingelagerte Schichten von gut geroltem Kies, der an einigen Stellen vorherrschend ist, deuten darauf hin, dass bei der Ablagerung dieses Materiales das Wasser ziemlich intensiv mitgewirkt hat. Die schönsten Aufschlüsse dieser Grundmoräne sind am linken Ufer der *Thur*, von der Eisenbahnbrücke bei *Ossingen* bis nach *Dätwil* (geol. Karte Nr. 34), am *Scheitenberg*, 1,7 km. nordwestlich von *Andelfingen* und am *Risibuck*, 2 km. südöstlich von *Ellikon* (geol. Karte Nr. 35), d. h. an den heutigen Prallstellen der *Thur*. Auch ausser diesen Stellen finden wir an den steilen Uferhalden des *Thurtales* viele kleinere Aufschlüsse unseres Grundmoränenmateriales, so dass wir annehmen müssen, dass das heutige *Thurtal* mit der hier vor Ablagerung unserer Grundmoräne vorhandenen Talfurche der Richtung nach fast durchwegs zusammenfällt, nur von *Andelfingen* an abwärts finden wir auf der linken Seite, und am *Wespertsbühl* bei *Alten* auch auf der rechten Seite der *Thur* Molasse anstehend; altes und neues Tal weichen hier auf einer Strecke von zirka 1 km. voneinander ab, d. h. das *Thurtal* ist hier epigenetisch, dementsprechend schrumpft auch seine heutige Breite, die sich bei *Andelfingen* noch auf 1,6 km. beläuft, auf einmal auf 0,7 km. zusammen, um sich dann unterhalb dieses kurzen epigenetischen Talstückes wieder trichterförmig gegen das *Rheintal* hin zu erweitern. Das alte, mit Grundmoräne ausgefüllte *Thurtal* muss bei *Alten* weiter rechts, d. h. nördlich des Molassekopfes *Hummersberg* durchgehen. Ob es zwischen die beiden Molasseaufschlüsse am *Hummersberg* und am *Süssenberg* fällt, oder nördlich des letzteren verstreicht, lässt sich aus Mangel an Aufschlüssen nicht bestimmt entscheiden.

Die Mächtigkeit der Grundmoräne beläuft sich im *Thurtal* bis auf zirka 30 m., wobei sich jedoch nicht bestimmen lässt, wie weit sie noch unter das Niveau der *Thur* hinabgeht. Das Hangende unserer Moräne bilden die Moränen und Schotter der Rückzugsstadien der letzten Vergletscherung.

2. Druckwirkung des Gletschereises.

Unter den bereits erwähnten Moränenaufschlüssen an den Uferhalden des *Thurtales* verdient eine Stelle bei *Dätwil*, 1,3 km. oberhalb der Eisenbahnbrücke der Linie *Andelfingen-Schaffhausen* am linken Ufer der *Thur*, wo die topographische Karte die Zahl 362 verzeichnet, wegen der interessanten Struktur

des Grundmoränenmaterials eine ganz spezielle Würdigung. Das nebenstehende Profil zeigt unten ein geschiebereiches, mit einzelnen Gletscherspuren versehenes Grundmoränenmaterial. Eine deutliche Schichtung kommt durch einen regelmässigen Wechsel mit einer Anzahl bis zu 50 cm. mächtigen Schichten feinen Sandes zu stande, der selber wieder eine feine Schieferung aufweist. Die Schichtung ist aber nicht horizontal, wie man erwarten würde, sondern nahezu senkrecht (75—85°). Auf den Schichtköpfen lagert diskordant das grobe, zum Teil gerollte Material des Übergangskegels einer Endmoräne, die etwas weiter oben quer durch das Thurtal zieht.

Wie haben wir uns wohl die Bildung einer solchen Struktur zu erklären? Eine lacustroglaciale Ablagerung liegt hier gewiss nicht vor, dazu ist die Schichtung zu steil. Wir müssen ohne Zweifel eine ursprüngliche horizontale Lagerung der Schichtung, wie sie durch Sedimentation des Schmelzwassers entsteht, annehmen, und die jetzige Schichtenstellung muss das Produkt einer später erfolgten Dislokation sein. Wir haben hier ohne Zweifel eine Druckwirkung des vorrückenden Gletschereises vor uns, eine andere Ursache lässt sich für diese Schichtenstörung kaum angeben. Ganz ähnliche durch Gletscherdruck erzeugte Lagerungsverhältnisse beschreibt uns Penck von „Au“ am Inn¹⁾.

3. Das Alter der Grundmoräne.

Die Grundmoräne reicht, wie wir schon erwähnt haben, bis an das Niveau der Thur herab, und scheint sogar unter dasselbe herabzugehen; sie ist ferner von Schottern und Moränen bedeckt, die sich als zur letzten Eiszeit gehörig bestimmen lassen, wir haben also für die Grundmoräne des Thurtales genau die gleichen Lagerungsverhältnisse wie für die im vorhergehenden Kapitel beschriebenen Schotter des Rheintales, die wir als Produkt der vorletzten Eiszeit bestimmt haben; es musste daher naheliegen, die Grundmoräne des Thurtales aus Analogie ebenfalls der vorletzten Vergletscherung zuzuteilen. Für diese Bestimmung sprechen noch zwei weitere Tatsachen:

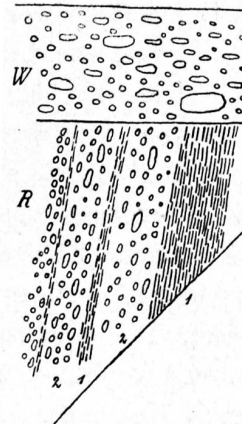


Fig. 3.

Profil am linken Ufer der Thur bei Dätwil.

- W. 2 m. Grobe Schotter der letzten Vergletscherung (gehört zu einer Endmoräne, die sich 100 m. westlich quer durch das Thurtal zieht).
- R. 4 m. Aufgeschichtete Grundmoräne.
- 1 Feiner, geschichteter Sand.
- 2 Grobes Moränenmaterial mit einzelnen gekritzten Geschieben.

¹⁾ Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter, S. 131.

1. Die Grundmoräne unterscheidet sich mit ihrem im ganzen Verbreitungsgebiet gleichbleibenden feinsandigen Charakter von den lehmig ausgebildeten, höhergelegenen Grundmoränen des *Thurtales* in der Gegend von *Andelfingen*, die wir zur letzten Eiszeit rechnen müssen.
2. Die so prägnant diskordante Lagerung mit den Schottern der letzten Vergletscherung im Profil 3 scheint auf ein verschiedenes Alter der beiden Ablagerungen schliessen zu lassen.

Berücksichtigen wir bei der Altersbestimmung auch noch das Verbreitungsgebiet. Die Grundmoräne des *Thurtales* schiebt sich auch noch ins *Rheintal* vor und verdrängt hier den beschriebenen Schotter auf eine Strecke weit fast ganz. Wir finden sie z. B. am rechten Rheinufer zirka 500 m. oberhalb der *Thurmündung* bis zur *Rheinbrücke* bei *Rüdlingen* fast ununterbrochen anstehend, ich beobachtete sie auch noch am östlichen Absturz des *Rafzerfeldes*, 500 m. nördlich *Rüdlingen*, an der Strasse von *Rüdlingen* nach *Rafz*. Bei *Eglisau* dagegen ist die Grundmoräne nicht mehr zu finden, sie scheint daher zwischen *Rüdlingen* und *Eglisau*, d. h. ungefähr an der Grenze der letzten Vergletscherung, aufzuhören. Mit Rücksicht auf diese Beobachtung habe ich auf der geol. Karte Nr. 34 die Zugehörigkeit unserer Grundmoräne zur vorletzten Vergletscherung durch Hinzufügung eines Fragezeichens in Zweifel gezogen und verzichte hier darauf, weitere Schlüsse auf die Verhältnisse des *Thurtales* während der beiden letzten Interglacialzeiten zu ziehen.

III. Das Tösstal

zeigt uns in seinem untern Teil, wo die *Töss* sich ziemlich tief eingeschnitten hat, d. h. von *Pfungen* bis zur Mündung in den *Rhein*, ganz andere Verhältnisse, als wir sie am *Rhein* und an der *Thur* kennen gelernt haben. Auch hier haben wir zwar in den hohen Lagen (an der Mündung zirka 30 m. über dem Fluss) Moränen und Schotter der letzten Vergletscherung, wie wir sie auch im *Rhein-* und *Thurtal* beobachtet haben, aber unter diesen Ablagerungen, da wo am *Rhein* die alten Schotter und an der *Thur* die sandige Grundmoräne anstehen, sehen wir im *Tösstal* überall Molasse; wir haben also hier die gleichen Verhältnisse, wie wir sie bei den epigenetischen Stellen des *Rheintales*, d. h. da, wo altes und neues Tal voneinander abweichen, fanden.

IV. Das Glatttal.

Wenden wir uns nun zum *Glatttal*! Beim Hofe *Schachen*, 2 km. südöstlich *Glattfelden* (geol. Karte Nr. 36 und T. A. Bl. 27), durchbricht die *Glatt*

heute den deutlich ausgebildeten Moränenwall der letzten Vergletscherung. Direkt unter diesem Moränenmaterial ist ein stellenweise gut verkitteter Schotter aufgeschlossen, der auf beiden Seiten des Flusses ansteht und bis auf den Talboden herabreicht. Der Schotter ist in seiner Zusammensetzung ziemlich monoton, einige grosse Verrucano- und Pantaiglasgranite, die dort am rechten Talabhang sich finden, stammen aus der hangenden Moräne. Die Verkittung ist hier an einer Stelle so intensiv, dass der Schotter eine senkrechte Wand mit Nischen wie beim Deckenschotter bildet. Ist auch kein direkter Kontakt des Schotters mit der hangenden Moräne aufgeschlossen, so sprechen doch Lagerung und Differenzen in Zusammensetzung und Verkittung dafür, dass die beiden Ablagerungen in ihrem Alter nicht identisch sind, d. h. man wird den in der Tiefe gelegenen Schotter der vorletzten Eiszeit zurechnen müssen. Längs des Kanales für das Wasserwerk, 2 km. nördlich *Hochfelden* (T. A. Bl. 40), bildet der Schotter überhängende Felswände. In der Kiesgrube 0,4 km. östlich *Hochfelden*, an der Strasse nach *Bülach*, sehen wir den Schotter neuerdings unter Grundmoräne der vorletzten Vergletscherung anstehend. Ein weiterer kleinerer Aufschluss ist am Abhang der Strassenunterführung unter der Eisenbahn 1 km. südwestlich der Station *Bülach*. Weiter südlich sind keine Aufschlüsse unseres Schotters mehr aufzutreiben, denn die *Glatt* schneidet sich hier noch in die Schotter und Moränen der letzten Vergletscherung ein; die Tiefenerosion ist noch nicht so weit vorgedrungen, dass sie die liegenden Schotter blossgelegt hätte.

Wir haben demnach an der *Glatt* ganz ähnliche Lagerungsverhältnisse wie im *Rheintal*, auch hier bildet ein alter Schotter das Liegende der Moränen der letzten Vergletscherung, auch hier reicht der Schotter bis zum Niveau des Flusses und scheint noch unter dasselbe herabzureichen, es muss also wie im *Rheintal* in der vorletzten Interglacialzeit ein Tal ausgebildet worden sein, dessen Sohle unter dem heutigen Flusse lag.

Unser Schotter lässt sich unter der Endmoräne der letzten Vergletscherung hinaus flussabwärts verfolgen, ohne dass sich dabei sein Habitus ändern würde. Altes und neues *Glatttal* haben fast überall die gleiche Richtung gehabt, denn wir finden den Schotter meistens auf beiden Seiten des Flusses anstehend, nur 1 km. südöstlich *Glattfelden* taucht am linken *Glattufer* auf einer Strecke von einigen

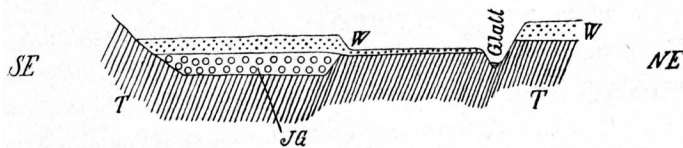


Fig. 4.

Querprofil durch das Tal der Glatt oberhalb ihrer Mündung in den Rhein.

- T Anstehende Molasse.
- J G Alter verkitteter Schotter, Ausfüllungsmaterial des interglacialen, vom heutigen Flusslauf abweichenden *Glatttales*.
- W Niederterrassenschotter in verschiedenen Stufen (Rückzugsterrassen).

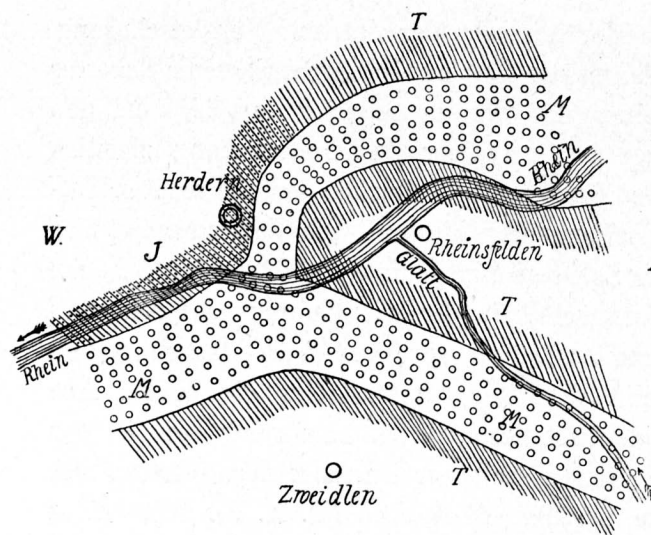


Fig. 5.
Interglaciaie Täler an der Glattmündung.
(Horizontalschnitt im Niveau des Rheinwasserstandes.)
1 : 50,000.

J Jura. T Molasse.
M Glaciale Schotter, Ausfüllungsmaterial der interglacialen Täler.

lässigen Schottern des alten *Glatttales* fließt, gespiesen werden¹⁾. Wir haben also neben der heutigen *Glattmündung* 0,6—1,2 km. unterhalb derselben die Mündung eines Grundwasserstromes, welcher der Richtung des alten *Glatttales* folgt.

Über die Sohlentiefe des alten *Glatttales* besitzen wir keine Anhaltspunkte, wir wissen nur, dass es mindestens so tief wie die heutige *Glatt* oder der heutige *Rhein* gewesen sein muss, wir dürfen aber mit Bestimmtheit annehmen, dass wir hier ein mit dem alten *Rheintal* gleichsohliges Tal haben, dessen Sohle noch ziemlich tief unter dem heutigen Talboden zu suchen ist²⁾.

Die Ergebnisse dieser Ausführungen können wir in folgende Sätze zusammenfassen :

¹⁾ Am 17. II. 1907 zählte ich hier 11 Quellen, das Thermometer zeigte an 6 Stellen Temperaturen von 3—5° über der Flusstemperatur, was nur von ausfließendem Grundwasser herrühren konnte.

²⁾ Diese Mutmassungen haben sich während des Druckes dieses Bogens glänzend bestätigt. In einem der Bohrlöcher, die zirka 1 km. südöstlich *Glattfelden* zu Vorstudien für ein Wasserwerk gemacht wurden, konnte ich am 3. Juni 1907 an Hand der Bohrproben die Sohle des alten *Glatttales* 23,3 m. unter dem Talboden, resp. 21—22 m. unter dem Wasserspiegel der *Glatt* feststellen. Die Bohrungen werden gegenwärtig (8. Juni 1907) noch fortgesetzt, so dass ein vollständiges Profil durch die Sohle des alten *Glatttales* auf eine spätere Publikation zurückgelegt werden musste.

hundert Metern die Molasse empor, das alte Tal muss also hier etwas nach rechts ausgewichen sein. Von der Fabrik *Letten* (1,5 km. nordwestlich *Glattfelden*) ist bis zur Mündung der *Glatt* Molasse anstehend, das alte Tal muss weiter links bei der Station *Zweidlen* durchgehen. Wir treffen denn auch am *Rhein*ufer 0,6 km. unterhalb der *Glattmündung* den Schotter des *Glatttales* wieder. Gehen wir hier bei ganz niederem Wasserstande dem *Rhein* entlang, so sehen wir eine Anzahl Quellen, die aus dem Grundwasserstrom, der in den durch-

1. Während der II. Interglacialzeit (Mindel-Riss-Interglacialzeit *Pencks*) ist das *Rheintal* 9—11 m. oberhalb des Rheinfalles mindestens 30 m. unter das heutige Flussniveau ausgebildet worden.
2. Das Gleiche gilt auch von den Nebenflüssen *Glatt* und event. *Thur*, welche gleichsohlig in das Haupttal ausmündeten¹⁾.
3. In den alten Tälern, soweit sie wenigstens mit Schottern ausgefüllt sind, zirkulieren heute noch ziemlich mächtige Grundwasserströme, welche der Bahn der alten Flüsse folgen.
4. Das *Töestal* hat während dieser Periode noch nicht existiert, es ist erst unmittelbar vor Ablagerung des Niederterrassenschotter, in der III. Interglacialzeit, in die Reihe der Flusstäler eingetreten.

V. Klimatologie der letzten Interglacialzeit.

1. Waldflora der Tuffe von Flurlingen.

In der zweiten Hälfte des vergangenen Jahrhunderts wurde 0,5 km. nordöstlich von *Flurlingen* (geol. Karte Nr. 35) links an der Landstrasse *Schaffhausen-Winterthur* ein Kalktuff ausgebeutet, der durch seine Einschlüsse wertvolle Beiträge zur Klimatologie der letzten Interglacialzeit geliefert hat. Nach *Wehrli*²⁾ ist das Hangende des Tuffes eine Moräne mit gekritzten Geschieben,

¹⁾ Als drittes gleichsohliges Nebental dieser Periode muss nach verschiedenen Bohrresultaten auch das *Durachtal* aufgefasst werden, welches die *Randengebiete* entwässerte, über *Merishausen* und *Schweizersbild* floss, um sich oberhalb *Schaffhausen* mit dem *Rheintal* zu vereinigen. Näheres siehe bei *J. Meister*, Alte Durach- und Rheinschotter bei *Schaffhausen* und ihre Grundwasserführung. *Eclog. geol. helv.*, Vol. IX, 3, 1907, S. 391.

²⁾ *Wehrli, L.*, Über den Kalktuff von Flurlingen. *Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich*, 39. Jahrgang, 1894, S. 275—292. In dieser Schrift finden sich auch die älteren Literaturangaben. Von später erschienenen Publikationen führen wir an:

1. *Meister, J.*, Das Schaffhauser Diluvium. *Verhandlungen der schweiz. naturf. Ges.* 1894, S. 26—28.
2. *Penck, A.*, Die Glacialbildungen um Schaffhausen. *Denkschriften der schweiz. naturf. Ges.*, Band 35, 1895, S. 167.
3. *Gutzwiller, A.*, Die erratischen Gesteine der prähistorischen Niederlassung zum *Schweizersbild*. *Ebenda* S. 190, 1895.

bei welcher ein kurzer Wassertransport bereits etwelche Schichtung und eine dachziegelförmige Lagerung zu stande gebracht hat. Im Jahre 1894 wurde durch einen Schacht das Liegende des Tuffes 3 m. unter dem Boden des Bruches oder 13 m. unter der Oberfläche der ganzen Tuffablagerung als eine diluviale Bildung aufgeschlossen; es war ein gebleichtes alpines Geröll, das fast ausschliesslich aus Silikatgesteinen und stark angewitterten Kalken bestand und daher der vorletzten Vergletscherung zugewiesen wurde.

Der Tuff ist ein gewöhnlicher Quellentuff, der von einer dem benachbarten Deckenschotterplateau des *Kohlfirstes* entströmenden Quelle abgelagert sein dürfte. Heutzutage fliessen zwar die Deckenschotterquellen nicht mehr nach NW gegen die *Flurlinger* Tuffe ab, sondern sie wenden sich direkt nördlich gegen *Feuerthalen*, wo sie beim *Reservoir* unter dem Steilrand des Deckenschotters ein ganz junges, postglaciales Tufflager gebildet haben.

Der Kalktuff von *Flurlingen* ist reich an Blattabdrücken, eine Schicht von einigen dm. bis 1 m. Mächtigkeit soll ganz aus solchen zusammengesetzt gewesen sein. Nach den Untersuchungen *Wehrli's* gehört die Mehrzahl der Pflanzenabdrücke, zirka 95 %, dem Bergahorn (*Acer Pseudoplatanus* L.) an, es sind davon sowohl Blätter als auch einzelne Früchte petrifiziert worden. Viel seltener fanden sich Blätter des Buchsbaumes (*Buxus sempervirens* L.), dazu noch ein Abdruck eines geflügelten Samens einer Weisstanne (*Abies pectinata* de C.), ein zweifelhaftes Exemplar einer Nadel der Eibe (*Taxus baccata* L.), einzelne Stengel von Rietgräsern und viele unbestimmbare Pflanzenreste. Alle diese Pflanzen kommen mit Ausnahme des Buchsbaumes in jener Gegend heute noch wildwachsend vor, wir müssen daraus schliessen, dass die klimatischen Verhältnisse zur Zeit der Ablagerung des Tuffes von den heutigen nicht wesentlich verschieden waren.

Aber in den Wäldern jener Zeit haben sich Tiere herumgetrieben, die heute dem Weidmann am *Kohlfirst* kaum mehr begegnen werden. Im Frühjahr 1896 fand man nämlich im Tuffe Skelettstücke eines grossen Säugetieres, die von *Meister* bestimmt wurden. Ein gut erhaltener Unterkiefer muss einst einem *Rhinoceros Merckii* Jaeg. als Kauwerkzeug gedient haben, und zwar einem ziemlich bejahrten Tier, wie es sich aus der starken Abnutzung der Zähne schliessen lässt (*Meister*, Neuere Beobachtungen etc.). Nach der Grösse der Backenzähne

4. *Meister, J.*, Neuere Beobachtungen aus den glacialen und postglacialen Bildungen um Schaffhausen. Jahresbericht des Gymnasiums Schaffhausen 1897/98, S. 4—20.
5. *Penck, A.* und *Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter. Liefg. 4, 1902, S. 421.
6. *Penck, A.*, Die alpinen Eiszeitbildungen und der prähistorische Mensch. Archiv für Anthropologie. Neue Folge, Band 1, Heft 2, S. 78—90.

(Länge der Krone 5,9 cm., Breite 2,9 cm.) scheinen wir es mit einem grossen Exemplar dieses Dickhäuters zu tun zu haben. In der kleinen naturhistorischen Sammlung im Schulhaus *Feuerthalen* sah ich sogar einen Zahn mit den Dimensionen 6 und 3,5 cm.; auch dieser stammt aus dem *Flurlinger* Tuff. Nach den Untersuchungen *Schrenks* war *Rhinoceros Merkii* mit 2 Hörnern ausgerüstet und mit einem dichten Haarkleid versehen; man fand nämlich in *Sibirien* einen ganzen Kopf, dessen Haut mit rotscheckigem Haar bekleidet war¹⁾.

Nach ihrer Lagerung — im Liegenden Schotter der vorletzten Vergletscherung, im Hangenden Moräne der letzten Eiszeit — hat man die *Flurlinger* Tuffe der letzten Interglacialzeit zugewiesen, auch der Fund von *Rhinoceros Merkii* bestätigt diese Altersbestimmung.

2. Steppenklima mit Lössbildung.

An vielen Stellen unseres Gebietes ist die Hochterrasse mit Löss bedeckt, wie ja die Lössbedeckung überhaupt als charakteristisches Merkmal dieser Stufe gilt. Mehrere Meter mächtig bedeckt er z. B. den *Schmerlat* zwischen *Löhningen* und *Neunkirch* (geol. Karte Nr. 35). Auf der Hochterrasse zwischen *Hohenthengen* und *Wasterkingen* (geol. Karte Nr. 36) ist der Löss durch Entkalkung „verleimt“ worden, eine Reihe von Löchern und der Name *Lehmgrube* (600 m. nordwestlich *Hohenthengen*, geol. Karte Nr. 36) scheinen auf frühere Lehmausbeutung schliessen zu lassen.

Aus den Lagerungsverhältnissen ist ohne Weiteres klar, dass der Löss jünger ist als die Hochterrasse, er fehlt aber auf der Niederterrasse, oder ist nur lokal auf diese verschwemmt worden, die Ablagerung des Lösses muss daher zwischen die Bildung von Hoch- und Niederterrasse, d. h. in die letzte Interglacialzeit fallen. Dieser Periode muss also ein Steppenklima eigen gewesen sein, denn nur ein solches konnte mit seiner Trockenheit die Anhäufung solcher Mengen von äolisch verfrachtetem Staub bewirken.

Die Lössbildung ist aber durchaus nicht etwa ein Privilegium der letzten Interglacialzeit; so ist z. B. auf der *Enge* rechts am Fussweg von *Schaffhausen* nach *Beringen*, 0,5 km. westlich des *Storchen* bei *Schaffhausen* (geol. Karte Nr. 35), der Löss auch auf dem jüngeren Deckenschotter zu sehen. Es ist nicht ausgeschlossen, dass dieser Löss schon unmittelbar nach Ablagerung des jüngern Deckenschotter, d. h. in der II. Interglacialzeit gebildet worden ist. In dem fraglichen Aufschluss sind einzelne Partien des sandigen Materials zu Knauern

¹⁾ *M. Neumayer*, Erdgeschichte, II. Auflage. Leipzig 1895, S. 446. (Mit Abbildung.)

verhärtet, es scheint sich darin das höhere Alter dieses Lösses zu äussern. Auch für die Postglacialzeit können lokale Lössbildungen nachgewiesen werden (siehe Kapitel F. I.), aber die intensivste Tätigkeit hat uns in dieser Hinsicht die letzte Interglacialzeit hinterlassen.

So weist denn unsere Gegend für die letzte Interglacialzeit die Produkte zweier ganz verschiedener Klimate auf, die in ihren Niederschlagsverhältnissen wesentlich voneinander abweichen mussten; die Tuffe von *Flurlingen* haben die Pflanzen eines mit der Jetztzeit nahezu übereinstimmenden feuchten Waldklimas eingeschlossen, während auf der Hochterrasse im *Klettgau* und bei *Kaiserstuhl* die trockenen Winde der Steppe den Löss angehäuft haben. Es ist klar, dass die Gleichzeitigkeit dieser beiden Klimate auf so kleinem Raume ausgeschlossen ist; wir müssen daher einen Klimawechsel innerhalb der letzten Interglacialzeit annehmen. Wie folgen nun aber diese beiden Klimate aufeinander? Die Meinungen sind darüber geteilt.

Gutzwiller lässt die Bildung des Flurlinger Tuffes und damit des Waldklimas direkt der letzten Eiszeit vorangehen, denn „die stark verwitterten Gerölle des Liegenden des Kalktuffes deuten darauf hin, dass dasselbe lange Zeit vor der Tuffbildung der Einwirkung der Atmosphärien ausgesetzt war“¹⁾ und die Conchylien des Tuffes stimmen mit der Fauna der Niederterrasse bei *Basel* überein²⁾. *Penck* dagegen lässt auf die vorletzte Eiszeit direkt das Waldklima und dann erst die Steppe folgen, indem er annimmt, dass sich Tundra (in unserem Falle Eiszeit), Wald und Steppe in regelmässigem Wechsel ablösen³⁾.

¹⁾ *Gutzwiller*, Die erratischen Gesteine etc. S. 191.

²⁾ *Gutzwiller*, Die Diluvialbildung in der Umgebung von Basel. Verhdl. der nat. Ges. in Basel, Bd. X, 3. Heft, S. 512. Als Conchylien des Tuffes sind angeführt: *Daudebardia brevipes* Fer., *Hyalina nistens* Mich., *H. nitidula* Drap., *H. cellaria* Müll., *Patula rotundata* Müll., *P. ruderata* Stud., *P. solaria* Menke, *Helix obvoluta* Müll., *H. strigella* Müll., *H. fruticum* Müll., *H. arbustorum* L., *H. incarnata* M., *Clausilea laminata* Mont., *Cl. bispicata* Mont., *Succinea oblonga* Drap., *S. Pfeifferi* Ross., *Limneus pereger* Müll., *L. palustris* Müll., *L. stagnalis* Müll., *Planorbis corneus* L. Der Tuff enthält also eine von den Lösskonchylien stark abweichende Schneckenfauna.

³⁾ *Penck*, A., Die alpinen Eiszeitbildungen und der prähistorische Mensch etc.

E. Die letzte Eiszeit.

I. Maximum der letzten Eiszeit.

1. Gletschergrenze.

a. Allgemeines.

Die letzte Eiszeit hat viel mehr als alle vorangehenden Vergletscherungen zur heutigen Konfiguration unseres Untersuchungsgebietes beigetragen. Das Erratikum dieser Periode bedeckt jetzt noch den grössten Teil der ehemals vom Eis bedeckten Gebiete, wenn wir von den höchsten Partien absehen, denn der Glacialschutt der jüngsten Eiszeit war natürlich während eines viel kürzeren Zeitraumes der Denudation ausgesetzt als die Ablagerungen der frühern Vergletscherungen. Es ist zudem keine weitere Eiszeit darüber gegangen, welche die Lagerungsverhältnisse hätte stören oder ihr Material mit neuem Gletscherschutt hätte vermischen können.

Die von der letzten Eiszeit, der „Wärm-Vergletscherung“, abgelagerten Moränen, die wir uns im Folgenden zur Feststellung der horizontalen und vertikalen Ausdehnung des Eises genauer ansehen wollen, sind von *Penck* als „Jungmoränen“ benannt worden; wir werden uns noch öfters dieses Ausdruckes bedienen müssen.

Die Jungmoränen unterscheiden sich von den entsprechenden Ablagerungen älterer Eiszeiten insbesondere durch ihren Erhaltungszustand, durch ihr viel frischeres Aussehen, das nur längs der Bodenoberfläche durch eine dünne Verwitterungsschicht gestört ist. Die kristallinen Gesteine treten sowohl in den Moränen als in den Schottern der letzten Eiszeit in viel grösserer Anzahl und in bunterm Gemisch auf als in den Ablagerungen früherer Vergletscherungen. Auf einige lokale Differenzen in der petrographischen Zusammensetzung der Jungmoränen werden wir später noch zu sprechen kommen.

b. Geschichtliches.

Während in *Württemberg* und in *Baden* die Grenze der letzten Vergletscherung auf weite Strecken hin sich durch einen auffälligen Wall zu erkennen gibt¹⁾, fehlt in dem auf unser Gebiet zwischen *Randen* und *Irchel* fallenden Stück des *Rheingletschersaumes* ein solcher fast ganz. Entweder ist hier eine allfällig abgelagerte Endmoräne später denudiert worden, oder, was noch mehr Wahrscheinlichkeit für sich hat, es ist eine solche des intensiven Schmelzwasserabflusses wegen gar nicht gebildet worden. Es ist daher begreiflich, wenn *Penck* zuerst den Jung-Endmoränenwall auf die Linie *Singen-Stammheim-Ossingen* fixierte²⁾, d. h. auf denjenigen Moränenzug, den wir später als „innere Moränen“ kennen lernen werden. *Brückner* hat 1886 diese Bestimmung für sein Gletscherkärtchen der *Schweiz* angenommen³⁾. Erst von *Du Pasquier* wurde (1891) die Gletschergrenze an Hand des Gefälles der Niederterrasse an das obere Ende von *Rafzerfeld* und *Klettgau* verlegt⁴⁾ und ihm haben sich später auch *Penck*⁵⁾, *Gutzwiller*⁶⁾ und *Meister*⁷⁾ angeschlossen, nur *Steinmann* hält 1894 noch an einer weiter östlich gelegenen Gletschergrenze fest⁸⁾.

c. Die Gletschergrenze zwischen Randen und Irchel.

Nach *Meister* steigen die Jungmoränen am Abfall des *Randen* zwischen *Thayngen* und *Schaffhausen* bis zirka 540 m. empor⁹⁾. An der Strasse *Thayngen*-

¹⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter, Liefg. 4. Leipzig 1902. S. 411.

²⁾ *A. Penck*, Mensch und Eiszeit. Archiv für Anthropologie XV, Heft 3, 1884.

A. Penck, Der alte Rheingletscher. Jahresbericht der geogr. Gesellschaft in München, 1886, Heft 11.

³⁾ *Ed. Brückner*, Die Vergletscherung des Salzachgebietes nebst Beobachtungen über die Eiszeit in der Schweiz. Wien 1887. S. 147.

⁴⁾ *L. Du Pasquier*, Die fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz. Beiträge zur geologischen Karte der Schweiz, II. Serie, Liefg. 1.

⁵⁾ *Penck*, Die Glacialbildungen um Schaffhausen, in *Nüesch*, Das Schweizersbild, 1895, S. 165.

Penck und *Brückner*, Die Alpen etc., Liefg. 4, S. 411.

⁶⁾ *Gutzwiller, A.*, Die Diluvialbildungen der Umgebung von Basel. Verhndlg. der naturf. Ges. Basel, 1894, S. 611.

⁷⁾ *J. Meister*, Neuere Beobachtungen aus den glacialen und postglacialen Bildungen um Schaffhausen. Beilage zum Jahresbericht des Gymnasiums Schaffhausen 1898, S. 32.

⁸⁾ *Steinmann*, Das Alter der paläolithischen Station Schweizersbild etc. Berichte der naturf. Ges. Freiburg i. B., IX, 1894, S. 111.

⁹⁾ Persönliche Mitteilung von Herrn Prof. *J. Meister*.

Lohn sind Jungmoränen noch in einem Aufschluss im Steinbruch *auf dem Wippel* aufgeschlossen. Der Jurakalk ist hier unter der Moräne prachtvoll geschrammt; *Meister*, der dies zuerst beobachtet hat, berichtet darüber¹⁾: „Am 16. August 1897 kam ich auf einer Exkursion an die Stelle, und da sowohl mir als meinen Begleitern die geschehene Abräumung unbekannt geblieben war, so rief der Anblick des offenbar erst kürzlich blossgelegten, prachtvollen Gletscherschliffes bei uns allen das grösste Erstaunen hervor. Die Kalkfläche wies offenbar die vollkommenste Politur auf, deren sie überhaupt fähig ist.... Über die ganze Fläche zog sich das bekannte System unzählig vieler, paralleler, meist mehr oder weniger tief eingreifender Rillen, als hätte man einen gewaltigen Kamm von ungleich vortretenden Zähnen über dieselbe hingeführt.“

Ziemlich häufig sind Moränen der letzten Vergletscherung in der Umgebung des *Schweizersbildes*. In unmittelbarer Nähe desselben am *Dachsenbühl* „liegen in einer Kiesgrube eine grosse Anzahl aus den nahen Ackern entfernte Blöcke (Julier-Albulagranite, Phonolithe, rote und grüne Verrucano, Jurakalke etc.), die $\frac{1}{2}$ bis 1 m. Durchmesser besitzen“²⁾. Beim *Pantli*, am Eingang ins *Freudental*, ist ebenfalls noch erratisches Material in einer Kiesgrube aufgeschlossen. *Penck*³⁾ rechnet auch das gut gerollte und in den obern Partien sogar verkittete Material der Kiesgrube 0,5 km. nordwestlich *Hautental* im *Hemmental* (T. A. Bl. 14) zur letzten Vergletscherung; es müsste demnach der *Rheingletscher* eine Zunge bis hierher vorgeschoben haben. Die Gletschergrenze lässt sich dann weiter über das *Säckelamtshüsli* zum *Lahn buck* (2 km. nordwestlich *Schaffhausen*) verfolgen, wo bei 541 m. Höhe noch geschwemmtes Moränenmaterial sich findet⁴⁾. Zwischen *Lahn buck* und *Säckelamtshüsli* beobachtete ich in einer neu angelegten Kiesgrube bei der *Klus* (beim *Hohlenbaum* nordwestlich *Schaffhausen*) fluvioglaciale Sande und Kiese, welche gegen den nur 50 m. weiter westlich gelegenen Steilhang des Jurakalkes einfallen. Es muss sich also hier zwischen dem Gletscherende und dem *Randenabhang* ein Wasserbecken gebildet haben, in welchem die Schmelzwasser ihren Schutt ablagerten.

¹⁾ *J. Meister*, Neuere Beobachtungen etc., S. 31.

²⁾ *A. Gutzwiller*, Die erratischen Gesteine der prähistorischen Niederlassung z. *Schweizersbild*. Aus *Nüesch*, das *Schweizersbild*. Denkschriften der schweiz. naturf. Ges. XXXV, 1895, S. 188.

³⁾ *Penck*, Die Glacialbildungen etc., S. 165.

⁴⁾ *Meister* hat im Jahre 1898 die Gletschergrenze hier weiter westlich auf der Linie *Läusbühl-Wolfsbuck-Griesbach-Rändliberg* gezogen, die in Frage kommenden Aufschlüsse scheinen mir aber der vorletzten Eiszeit anzugehören; auch Herr Prof. *Meister* hält jetzt an jener Gletschergrenze nicht mehr fest (mündliche Mitteilung).

Die Gletschergrenze streift dann weiter den oberen Rand des *Klettgau*. Auch hier ist zwar wieder kein Endmoränenwall ausgebildet, wohl aber können wir aus dem starken Ansteigen der *Klettgauer* Niederterrasse (*Guntmadingerfeld*, siehe geol. Karte Nr. 35) schliessen, dass die Terrasse hier einen Übergangskegel bildet und damit von hier aus aufgeschüttet sein musste. Es zeigt sich dies auch in der Zusammensetzung der Terrasse oder der Terrassen, es sind nämlich im oberen *Klettgau* deren zwei. In der grossen Kiesgrube 1,5 km. östlich *Beringen* ist das Korn in den oberen Partien grob, zum Teil wenig gerollt, und enthält noch vereinzelte gekritzte Geschiebe, alles Zeichen eines kurzen Wassertransportes. Ähnliche Verhältnisse treffen wir auch in der Kiesgrube beim *Engelhof*.

Schon *Du Pasquier* hat in seiner Karte der fluvioglacialen Ablagerungen der Nordschweiz im *Klettgau* zwei Aufschlüsse als Jungmoräne kartiert, aus denen wir schliessen müssten, dass der Gletscher der letzten Eiszeit beim Maximum seiner Ausdehnung noch den oberen Teil des *Klettgau* erfüllt hätte, es sind die beiden Materialgruben am *Läusbühl* (1 km. südlich *Beringen*) und im *Allerriet* am rechten Talabhang (1,7 km. östlich *Beringen*). Im ersten Aufschluss beobachten wir bis zu 480 m. Höhe gut geschichtete Sande, stellenweise mit Deltaschichtung, wechsellagernd mit gröberem Kiese; in den untern Partien finden sich grössere, gut gekritzte Blöcke. Es ist hier schwer zu entscheiden, ob wir es wirklich mit Jungmoränen zu tun haben. Eben so zweifelhaft steht es mit der Altersbestimmung des Erratikums in der jetzt verlassenen Kiesgrube im *Allerriet*. Auch hier sind „schräg fallende Sande mit einzelnen Moränenbänken. Im Sande stecken einzelne grosse Nagelfluhschollen, welche unter steilem Winkel (60°) nach N einfallen, so dass sie nur als verstürzt gelten können“¹⁾. Sollten dennoch die beiden Aufschlüsse zur letzten Eiszeit gerechnet werden müssen — ich habe sie auch auf der geol. Karte 35 als solche kartiert — so würde die Niederterrasse des *Klettgau* nicht ganz dem maximalen Stand der letzten Vergletscherung entsprechen, sondern in eine etwas spätere Zeit fallen, als sich das Eis schon etwa 2 km. von der äussersten Grenze zurückgezogen hatte. Dieser eventuelle äusserste Vorstoss kann aber nur von verhältnismässig kurzer Dauer gewesen sein, nicht lang genug, um es zur Terrassenbildung kommen zu lassen.

Ebensoschwer zu bestimmen ist das Alter der verschwemmten Moränen in den Kiesgruben 1,5 und 2 km. südöstlich *Beringen*. Sicher zur letzten Eiszeit gehören die stark geschwemmten Materialien in der Kiesgrube bei der *Hofstätter* Ziegelhütte bei 466 m., 1 km. südwestlich *Neuhausen*. Nördlich von *Jestetten* sind einige kleine Moränenreste auf Jurakalk. Viel wichtiger sind die Moränen,

¹⁾ *Penck*, Die Glacialbildungen um Schaffhausen etc., S. 167.

welche zwischen *Jestetten* und *Altenburg* als Hügellandschaft den obern Ausgang des *Wangentales* umziehen. Die Bahnlinie *Schaffhausen-Eglisau* durchschneidet jene Stelle in einem tiefen Einschnitt, in welchem ich zu unterst Grundmoränen-aufschlüsse beobachten konnte. Die höheren Partien der Hügellandschaft sind nur in zwei Kiesgruben am *Hanabühl*, 1 km. südöstlich *Jestetten*, aufgeschlossen, von denen die eine in den letzten Jahren wieder zugedeckt wurde. In beiden Aufschlüssen zeigte sich ein gut gerollter Schotter, es scheint daher, dass jene ganze Hügellandschaft als Schottermoräne aufzufassen ist, die auf Grundmoräne ruht.

Der Molassehang zwischen *Jestetten* und *Lottstetten* ist ganz mit einer Moränenschicht überkleistert, die aber von sehr verschiedener Mächtigkeit ist. So wurde beim Bau des Bahnhofes *Lottstetten* noch Grundmoräne auf Molasse aufgeschlossen¹⁾, nur wenig oberhalb beobachte ich im Sommer 1905 die Molasse an einer Stelle schon an der Oberfläche.

Deutliche Moränenaufschlüsse sind am *Lerchenbuck* 0,5 km. südlich *Lottstetten* mit einem kubikmetergrossen Kalkblock, ferner in einigen Kiesgruben und einer Molassesandgrube am *Adenberg* bei *Solgen*. Die obere Grenze des Erratikums der letzten Vergletscherung liegt hier bei 510 m. Von *Nack* bis *Rüdlingen* fällt die Gletschergrenze mit dem obern Rand des *Rafzerfeldes* zusammen. Schon *Du Pasquier* hat gezeigt²⁾, dass das letztere gegen seinen obern Rand stark ansteigt und sich damit als Übergangskegel zu erkennen gibt. Dementsprechend ist hier auch die Struktur des Schotters. In der Kiesgrube an der Strasse *Buchberg-Rafs* beobachten wir noch viele kopfgrosse, zum Teil eckige Gerölle und weiche Molassebrocken, die einen längeren Wassertransport nicht ausgehalten hätten. Wenn aber *Favre* am E-Rand des *Rafzerfeldes* einen zusammenhängenden Wall angibt³⁾ und sich nach *Penck*⁴⁾ die Jungmoränen „am Ostrand des *Rafzerfeldes* als ein wenig hoher Wall (450 m.)“ hinziehen, so entspricht dies doch nicht ganz den tatsächlichen Verhältnissen. Zunächst bei *Nack* finden wir eine unregelmässige Hügellandschaft, der *Eisenberg* hat Molasselehm aufgeschlossen, bei den Kiesgruben der südlicher gelegenen Hügel beobachten wir überall einen gut gerollten, mit Sandschichten wechselnden, unregelmässig geschichteten Schotter; wir haben es hier wieder mit Schottermoränen zu tun. Weiter südlich hört die Hügellandschaft auf (T. A. Bl. 25); was hier noch mit einem Moränenwall verwechselt werden könnte, ist ein Terrassenrand einer glacialen Abflussrinne. Nur

¹⁾ *Meister*, Neuere Beobachtungen etc., S. 31.

²⁾ *Du Pasquier*, Die fluvioglacialen Ablagerungen etc., S. 12 und 19.

³⁾ *Favre*, Carte du phénom. erratique et des anciens glaciers, etc., 1884, Blatt II.

⁴⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter etc., S. 411.

in einem Hohlweg 0,5 km. westlich *Rüdlingen* konnte ich noch gut gekritztes Grundmoränenmaterial unter der Terrasse beobachten.

d. Gefälle der Eisoberfläche am Irchel.

Bei *Rüdlingen* kreuzt die Gletschergrenze den *Rhein* und zieht sich am NE-Abfall des *Irchels* hin. 0,7 km. südlich von *Berg* finden wir Moräne bei 470 m., bedeckt von einer mächtigen verstürzten Deckenschotterscholle. Am Fussweg von *Grüslikon* nach *Teufen* haben wir beim *Steinler* überall eckiges und gekritztes Moränenmaterial bis zu 550 m., d. h. so hoch hinauf haben wir hier die Gletscheroberfläche zu verlegen.

Ziemlich reich an Moränen ist die Umgebung von *Buch*. Wir sehen hier an den Häusern grosse Haufen zusammengelesener erratischer Blöcke, die in der bausteinarmen Gegend als Baumaterial Verwendung finden. Am *Wolfensberg*, östlich von *Buch*, ist noch Grundmoräne bis zu 600 m. und bei *Bebikon* (geol. Karte Nr. 34) wird in 550 m. Höhe eine 5 m. mächtige, sandreiche, durch Wasserwirkung geschichtete Moräne mit noch gekritzten Geschieben in einer Kiesgrube ausgebeutet. Am E-Abhang des *Irchels* bei *Ober-Hub* lässt sich Grundmoräne noch bis zu zirka 620 m. nachweisen; es würde dies für die Eisoberfläche von hier bis zum *Steinler* bei *Grüslikon* ein Gefälle von zirka 12 ‰ ausmachen. Auf der S-Seite des *Irchels* muss der *Rheingletscher* eine

e. Eiszunge im Tösstal

vorgeschoben haben. Nach *Favre*¹⁾ verläuft zwar die Grenze zwischen *Rhein-* und *Linthgletscher* über den *Irchel*, der Eisstrom des *Tösstales* hätte demnach dem *Linthgletscher* angehört, was mir sowohl aus orographischen als aus petrographischen Gründen unmöglich scheint. Bei *Ifungen* öffnet sich nämlich das *Tösstal* gegen *Hettlingen*, wo die Richtung einiger Drumlin direkt die Strömung des Eises gegen die *Töss* angibt und gegen *Winterthur-Wiesendangen*, alles Gebiete, die vom *Rheingletscher* okkupiert waren. Erst auf dem Höhenzuge zwischen *Töss-* und *Glatttal* haben sich *Rhein-* und *Linthgletscher* berührt; es ist daher natürlich nicht ausgeschlossen, dass einzelne *Linthgesteine* sich ins *Tösstal* verirrt haben, aber das Hauptkontingent entstammt dem *Rheingletscher*.

Wegen der Spärlichkeit der Moränenreste ist es schwer zu bestimmen, wie weit die Eiszunge im *Tösstal* gereicht hat; ein Aufschluss von Obermoräne

¹⁾ *Favre*, Carte du phén. errat. etc., Bl. II.

0,5 km. südlich *Rorbas* an der Strasse *Rorbas-Bülach* scheint die Gletschergrenze zu repräsentieren. Ein Moränenwall scheint in dem engen Tale gar nicht zur Ablagerung gekommen zu sein. Anhaltspunkte über die Höhe der

f. Eisoberfläche im Grenzgebiet zwischen Rhein- und Linthgletscher

gewinnen wir am *Blauen*, 1,2 km. südwestlich *Pfungen* (T. A. Bl. 41), wo Grundmoränen bis zu 570—580 m. vorkommen, während die höheren Partien frei von Moränen sind. Bei *Obermettmenstetten* wird gut gekritzte Grundmoräne noch bei 620 m. ausgebeutet, in der Kiesgrube 0,2 km. südwestlich der Rettungsanstalt *Sonnenbühl* sogar bei 637 m. Wir bewundern hier einen prachtvollen, zirka kubikmetergrossen Block von miocäner Nagelfluh. Die Gerölle des Konglomerates sind ganz durchgeschliffen, so dass die Fläche aussieht wie ein Mosaikboden. In unmittelbarer Nähe beobachtete ich einen Block von grobkörnigem rotem Verrucano mit einer quadratfussgrossen geschliffenen Fläche.

Am *Schauenberg* bei *Elgg* liess sich am Fussweg vom *Gyrenbad* zum *Schauenberg* noch eckiges Moränenmaterial bis zu zirka 870 m. verfolgen. Das Gefälle der Gletscheroberfläche von hier bis *Oberhub* am *Irchel* berechnet sich auf 13 ‰¹⁾, in der Gegend von *Winterthur* hätten wir demnach die Höhe des Eises bis 620—630 m. anzunehmen, d. h. zirka 180 m. über dem heutigen Talboden.

g. Die Gletschergrenze des Linthgletschers im Glatttal

ist ganz ausserordentlich viel deutlicher ausgeprägt, als wir dies in den bis jetzt besprochenen Gebieten des Rheingletschers konstatieren konnten. Der äussere Kranz der Jung-Endmoränen lässt sich hier fast ununterbrochen verfolgen und auf weite Strecken sehen wir ihn mit Niederterrassenschotter verknüpft.

Am *Dettenberg* 1,5 km. östlich *Bülach* ist typische Jungmoräne mit 1,5—2 Kubikmeter grossen Blöcken von miocäner Nagelfluh noch in einer Höhe von 530 m. aufgeschlossen. Am Fuss des *Dettenberges* beginnt ein kurzes Stück einer Endmoräne mit den Punkten *Gstücht* (487 m.) und *Kröppli* (463 m.) (T. A. Bl. 41). Der eigentliche zusammenhängende Endmoränenwall, mit dem die Niederterrasse des *Glatttales* in Verbindung steht, liegt etwas näher bei *Bülach*. Mit

¹⁾ *Penck* hat für den *Isargletscher* ein Oberflächengefälle von 11 ‰ (Die Alpen etc., S. 180) und *Brückner* für den *Reussgletscher* (ebenda, S. 502) 11—12 ‰ gefunden.

wechselnder Höhe verläuft er nordwestlich als *Ettersbühl*, *Brengstelbuck* (453 m.), *Ober-Hard* (461 m.) durch das *Bülacherhard* bis zur *alten Burg* (435 m.) (T. A. Bl. 27). Dann fällt er zur *Glatt* ab und erscheint jenseits derselben bei *Schachen* als zusammenhängender Wall (geol. Karte Nr. 36). Am *Strassberg* bei *Hochfelden* steigen die Jungmoränen hinan und bedecken hier die Hochterrasse. Als geschlossener Wall quert er das Tal von *Windlach*, um dann bei *Stadel* am Abhang des *Stadlerberges* emporzusteigen¹⁾. In einer Höhe von 533 m. bildet er den östlichen Abschluss des *Bachsertales*. Im *Niederweningertal* hat der Gletscher seine Stirne ziemlich weit nach W vorgeschoben, und zwischen *Steinmaur* und *Schöfflisdorf* einen hufeisenförmigen Moränengürtel mit mehreren Wällen durch das Tal gelegt.

h. Jungmoränen ausserhalb des Endmoränenwalles im Glatttal.

Beim *Höhrainhof* (2,5 km. nördlich *Bülach*) beobachtete ich über Molasse 0,5—1 m. Grundmoräne, die nach ihrem Erhaltungszustand der letzten Eiszeit angehören muss, und zwar 1 km. ausserhalb des Jung-Endmoränenwalles. Der Gletscher scheint also seinen Saum zuerst bis zum *Höhrainhof* vorgeschoben zu haben, um dann erst auf seinem Rückzug zur Ablagerung des Endmoränenwalles und der anschliessenden Niederterrasse längere Zeit stationär zu werden. Zu diesem eventuellen erstmaligen Vorstoss wird man auch die 10—15 m. über dem Niveau der Niederterrasse gelegenen Schotter der Kiesgrube an der *Wagenbreche* (3 km. nördlich *Bülach*, T. A. Bl. 27) rechnen müssen.

2. Die Abflussrinnen.

a. Die Niederterrassenfelder des Rheingletschers.

a. Allgemeines.

Von dem im vorhergehenden Kapitel genauer bestimmten äussern Moränenwall der letzten Vergletscherung strahlen an verschiedenen Stellen mehr oder weniger breite Felder der Niederterrasse aus. Alle diese Schotterflächen steigen, wie wir in den einzelnen Fällen noch genauer zeigen werden, als Übergangskegel gegen den Aussensaum der Moränen stärker an. Zugleich nimmt hier der fluvioglaciale Kies durch den Gehalt an grösseren, weniger gerundeten, oft noch gekritzten Blöcken, durch schlechtere Schichtung und Wechsellagerung mit Sand-

¹⁾ Fr. Mühlberg, Geolog. Karte der Lägernkette.

straten allmählich die Struktur einer Moräne an; *Penck* nennt diesen Übergang „Verknüpfung von Moränen mit Schottern“¹⁾. Die fluvioglacialen Schotter verdanken ihre Entstehung den Gletscherwassern, die an der Peripherie des Eisstromes mit starker Belastung durch Gletscherschutt zu Tage traten. Die Schmelzwasser lagerten in ihrem weiteren Verlauf das mitgeschleppte Erratum als Schotter, in unserem Falle als Niederterrassenschotter, ab. Jedes einzelne Schotterfeld ist das Produkt eines besondern Gletscherflusses, dessen Bahn heute noch durch den Verlauf der Niederterrassenfelder gekennzeichnet ist.

b. Die Niederterrasse des Klettgau

bildet die nördlichste Abflussrinne unseres Gebietes. An ihrem oberen Ende *an der Enge* östlich von *Beringen* löst sie sich in zwei Stufen auf, von denen sich die höhere am linken Talabhang 1,2 km. weit erstreckt und die tiefere Stufe um 5—10 m. überragt. Als lokale Bildung ist diese Terrasse auf der geol. Karte Nr. 35 nicht besonders hervorgehoben worden, weil dadurch die ohnehin schon komplizierten Terrassenverhältnisse noch schwerer entzifferbar geworden wären.

Viel allgemeiner verbreitet ist die tiefere Terrasse. Sie bildet den heutigen Talboden des *Klettgau*, dessen regelmässiges Gefälle bei der Anlage der Bahn sehr zu statten kam. Zwischen *Löhningen* und *Guntmadingen* erreicht die Niederterrasse ihre grösste Breite von 1,2 km. und ist hier beiderseits von Resten der Hochterrasse eingerahmt, gegen *Neunkirch* verengert sich der Talboden bis auf 0,2 km.

Die Mächtigkeit des Niederterrassenschotters beläuft sich in der Kiesgrube 1,3 km. östlich *Beringen* auf 6 m., auf nahezu so viel auch in der Grube östlich von *Hallau*. Nach *Merklein*²⁾ wurde im Jahre 1835 bei *Oberneuhaus* (nordwestlich *Guntmadingen*) ein Brunnen 47 m. tief in „Alpenkies“ gegraben, bei *Neunkirch* bohrte 1846 Präsident *Schärer* 4,5 m. durch Jurageschiebe und „Kalkmergel“ (Lehm?), dann 34,5 m. durch „Alpenkies“, ohne dessen Liegendes zu erreichen. Es scheint mir sehr fraglich, ob die ganze Mächtigkeit dieses „Alpenkieses“ als Niederterrassenschotter aufzufassen sei; so berichtet *Merklein* für den Brunnen von *Oberneuhaus*: „In dieser Tiefe (156 Fuss) fand man mit Sand verwachsene Nagelfluh“, was eher auf Hochterrassenschotter schliessen lässt. Der Niederterrassenschotter des *Klettgau* kann also nur eine schmale, wenig tiefe, in Hoch-

¹⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen etc., Liefg. 1, S. 17.

²⁾ *Fr. Merklein*, Beitrag zur Kenntnis der Erdoberfläche um Schaffhausen, 1869, S. 81.

J. Hug, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz. Neue Folge. Lfg. XV.

terrassenschotter eingesenkte Rinne ausfüllen, tritt also im Verhältnis zu der ursprünglichen Verbreitung der Hochterrasse ganz zurück; der *Klettgau* kann deshalb in der letzten Eiszeit als *Rheintal* bei weitem keine so grosse Bedeutung gehabt haben, wie dies zur Zeit der Ablagerung der Hochterrasse der Fall war.

Im Vergleich mit dem Material der letzten Vergletscherung anderer Stellen unseres Gebietes fällt mir im *Klettgau* eine ziemlich monotone Zusammensetzung des Niederterrassenschotters auf. Während der letztere abgelagert wurde, sind wahrscheinlich noch grössere Quantitäten der Hochterrasse abgetragen worden, wobei sich der erodierte Schotter mit dem von den Gletscherwassern verfrachteten Gletscherschutt mischte. Diese Abtragung war im wesentlichen Seitenerosion, indem die accumulierenden Gletscherbäche auf dem Schotterfeld unstät umherschweiften und so die aus Hochterrassenschotter bestehenden Talgehänge durch Unterwaschen denudierten. Nur so können wir das Vorkommen von kubikmeter-grossen Blöcken von Hochterrassennagelfluh im Niederterrassenkies der Kiesgrube 0,11 km. nordöstlich *Guntmadingen* erklären.

Gefällsverhältnisse der *Klettgauer* Niederterrasse:

<i>Enge</i> (445 m.) — <i>Guntmadingerfeld</i> (437 m.)	— 5,3 ‰
<i>Guntmadingerfeld</i> — <i>Ziegelhütte</i> (433 m.)	— 3,6 ‰
<i>Ziegelhütte</i> — <i>Station Wilchingen</i> (417 m.)	— 2,8 ‰
<i>Station Wilchingen</i> — <i>Trasadingen</i> (408 m.)	— 3,2 ‰
<i>Trasadingen</i> — Vereinigung mit dem <i>Wangental</i>	— 3,3 ‰
Vereinigung mit dem <i>Wangental</i> — <i>Koblenz</i>	— 3,7 ‰

c. Das Wangental.

Wandern wir auf der Grenze der letzten Vergletscherung weiter, so sehen wir bei *Jestetten* ein neues Schotterfeld zu den Moränen der maximalen Gletscher-ausdehnung ansteigen. Beim Dorfe *Jestetten*, wo die Terrasse eine Breite von zirka 0,8 km. aufweist, konnte ich in Aufschlüssen, die durch Fundamentierungsarbeiten entstanden waren, im Talboden fluvioglaciale Kiese konstatieren. Von hier an zieht sich unsere Terrasse als *Wangental* zwischen sanftgeneigten Molasse-abhängen mit einer Breite von zirka 6,4 km. gegen S W. Dann biegt das Tal rechtwinklig gegen NW um, die nunmehr steilen Talabhänge treten näher zusammen und im dunkeln Grün der Wände, an welchen die Kalke des weissen Jura überall hervorstechen, treiben einige Sturzbäche ihr munteres Raketenspiel. Als schmale Talrinne zieht sich das *Wangental* in vielen Windungen gegen den *Klettgau* hin. Eine Kiesgrube (1,5 km. südöstlich *Osterfingen*) gewährt uns einen Einblick in die Zusammensetzung des Talschotters. Neben den gewöhnlichen

Gesteinen des *Rheingletschers* sind die Phonolithe hier ziemlich zahlreich vertreten; es ist damit der beste Beweis erbracht, dass das *Wangental* den Schmelzwassern des *Rheingletschers* als Abflussrinne gedient hat. Neben den alpinen Gesteinen beteiligen sich aber auch zahlreiche Gerölle von Jurakalk, wie er auf eine weite Strecke zu beiden Seiten des Tales anstehend ist, an der Zusammensetzung des Schotters, und zwar in weit höherem Masse als bei den Moränen und Schottern bei *Jestetten*, die doch von den gleichen Schmelzwassern abgelagert wurden. Erst auf ihrem Zuge durch das *Wangental* haben die Fluten die Felswände angegriffen und die losgelösten Jurakalke mit den von der Moräne mitgeschleppten glacialen Geröllen als Terrassenschotter aufgeschüttet. Auch hier zeigt sich also wie im *Klettgau*, dass die Schmelzwasser nicht nur accumulierend wirkten, sondern trotz ihrer Zerteilung und Belastung mit Gletscherschutt durch Seitenerosion zur Verbreiterung ihrer Täler beitrugen. Nach *Penck* hängt die Schnelligkeit der Seitenerosion von der Höhe und Beschaffenheit der Ufer ab; auch dafür bietet uns das *Wangental* gute Belege. Solange das Tal in seinem obern Teil in die Molasse eingeschnitten ist, hat es eine Breite von 500—800 m., mit dem Eintritt in das Juragebiet reduziert es seine Breite bis auf 100 m. Beim Bad *Osterfingen* verlässt das Tal das Juragebiet, um in den weichern Hochterrassenschotter überzugehen, was sofort eine Verbreiterung des Talbodens bis auf 650 m. zur Folge hat. Von *Osterfingen* zieht sich unsere Terrasse längs der linken Talseite des *Klettgau* über *Weissweil* gegen *Griessen*; von dem bereits besprochenen Niederterrassenstrang *Beringen-Neunkirch-Trasdungen* ist unser Tal durch einen 1—2 km. breiten Rest von Hochterrasse getrennt. Bei *Griessen* ragt mitten aus dem Talboden inselartig ein kleiner Rest von verkittetem Hochterrassenschotter wie eine Ruine hervor. Erst zwischen *Geisslingen* und *Lauchringen* vereinigen sich die beiden Zweige der Niederterrasse, und hier sammelten sich auch die entsprechenden Gletscherwasser, um gemeinsam zum *Rheine* zu stossen.

Die Gefällsverhältnisse des *Wangentales* sind die folgenden:

Jestetten (440 m.) — *Osterfingen* (408) = 3,5 ‰¹⁾

Osterfingen — *Griessen* (393 m.) = 2,7 ‰

Griessen — Vereinigung mit der *Klettgauer* Niederterrasse = 3 ‰

(Fortsetzung siehe bei der Tabelle für den *Klettgau* Seite 58.)

¹⁾ Das oberste, 8 km. lange Talstück konnte für die Gefällsbestimmung nicht weiter zerlegt werden, da schon von *Jestetten* an der Talboden durch postglaciale Aufschwemmungen erhöht ist; das übersteile Gefälle des Übergangskegels tritt daher hier nicht so deutlich hervor.

d. Das Rafzerfeld

schliesst sich als drittes Niederterrassenfeld an den Aussensaum der Jung-Endmoränen an, und zwar auf einer Strecke von nicht weniger als zirka 3 km. Es behält diese Dimension bis zur Vereinigung mit dem *Rheintal* unterhalb *Eglisau* fast ungeschmälert bei. Nach dieser enormen Ausdehnung des Schotterfeldes müssen wir annehmen, dass hier das Hauptkontingent der Schmelzwasser des *Rheingletschers* durchgeflossen sei, indem hier schon in der vorangehenden Interglacialzeit ein breites Tal sich gebildet zu haben scheint.

Schon *Du Pasquier* ¹⁾ hat gezeigt, dass die Niederterrasse des *Rafzerfeldes* gegen E progressiv ansteigt und als Übergangskegel die Nähe der Verknüpfung mit der Moräne anzeigt.

Die folgende Gefällstabelle wird dies genauer darstellen:

Beginn der Terrasse bei <i>Nack</i> (439 m.) — Station <i>Rafz</i>	= 9,2 ‰
Station <i>Rafz</i> — <i>Wül</i> (407)	= 8,1 ‰
<i>Wül</i> — <i>Kaiserstuhl</i> (380 m.)	= 3,2 ‰

e. Der Durchbruch des Rheines am Irchel.

So hat denn der *Rheingletscher* an seinem W-Rande 3 grössere Wasseradern gegen W gesandt, die erst bei *Koblenz* sich vereinigten. Merkwürdigerweise ist aber keiner dieser Talrinnen die Ehre zu Teil geworden, vom *Rheine* auch späterhin als Durchpass benützt zu werden, sogar das *Rafzerfeld*, durch welches noch im Anfang der letzten Eiszeit ein mächtiger Schmelzwasserstrom pulsiert haben muss, ist leer ausgegangen. Statt dessen wendet sich der heutige *Rhein* rechtwinklig zum *Rafzerfeld* gegen S durch ein enges, in Molasse eingeschnittenes Tal, in dem gar keine Niederterrasse entwickelt ist. Wohl werden wir in einem spätern Kapitel den Zeitpunkt dieser Verschiebung an Hand der Terrassenverhältnisse genauer bestimmen können, aber dem Warum der Ablenkung können wir nur mit Hypothesen beikommen. Wahrscheinlich hat schon in der letzten Interglacialzeit ein Tal dem *Irchel* entlang bestanden, denn das heutige Rheintal zeigt dort in seinem Querprofil zwei Phasen der Erosion, zu oberst sind sanfte Böschungen eines älteren Tales und in dessen Sohle ist dann der Cañon des *Rheines* eingeschnitten. Dieses ältere Tal scheint beim Maximum der letzten Vergletscherung einem Schmelzwasserbach als Abflussrinne gedient zu haben, es stösst an den Saum des Eises. Am *Ebersberg* (1,5 km. westlich von *Berg*, T. A.

¹⁾ *Du Pasquier*, Die fluvioglacialen Ablagerungen etc., S. 12 und 15.

Bl. 27) muss sich der fragliche Gletscherbach geteilt haben, der eine Zweig zwischen dem *Ebersberg* und dem Dorfe *Buchberg* fällt mit dem heutigen *Rheine* zusammen, der andere Zweig hat uns zwischen *Ebersberg* und *Irchel* eine deutliche Terrasse mit einer Höhe von 440—445 m. als Spur zurückgelassen.

Beim Rückzug des Gletschers scheint zufällig am Eingang des Tälchens zwischen *Ebersberg* und *Buchberg* die niedrigste Stelle der Moräne gewesen zu sein, so dass die im Zungenbecken sich ansammelnden Gletscherwasser hier zuerst überflossen und sich hier schneller in die Tiefe erodierten als anderwärts, wodurch den andern Abflussrinnen das Wasser allmählich entzogen wurde. Der *Rhein* hatte aber nicht nötig, auf der ganzen vom ehemaligen Tal, dem *Rafzerfeld*, abweichenden Strecke ein neues Bett zu graben, sondern nur so weit als er die S-Richtung beibehielt, d. h. bis zur heutigen *Tössmündung*. Von hier an benutzte er ein Tal, welches

f. Die Schmelzwasser des Tösstales

als Abflussrinne verwendeten. Es ist klar, dass die schmale Gletscherzunge des *Tösstales* nur eine kleine Wasserader speisen konnte; dementsprechend lässt sich denn in diesem Tal keine Niederterrasse der maximalen Ausdehnung der letzten Eiszeit nachweisen. Bei *Teufen* ist zwar ein Schotterfeld vorhanden, aber es ist die Terrasse eines Rückzugsstadiums. Durch die Verschiebung des *Rheines* hat das *Tösstal* auf einmal einen mächtigen Zufluss bekommen, der Unterlauf der *Töss* vom *Irchel* bis nach *Eglisau* ist damit vom Nebental zum Haupttal avanciert, während dann dafür das ehemalige Haupttal, das *Rafsetfeld*, zum Trockental degradiert wurde.

b. Die Abflussrinnen des Linthgletschers im Glatttal.

a. Das Eglisauer- und Glattfeldertal.

Auf der Strecke von *Bülach* bis nach *Schachen* ist ein 2,5 km. breites Niederterrassenfeld mit der Moräne verknüpft. 2 km. nördlich *Bülach* tauchen aus der Terrasse 4 Hügel hervor, die 100—300 m. lang sind und die Ebene um 10—20 m. überragen. Alle diese aus Molasse bestehenden Hügel sind rings von der Niederterrasse eingeschlossen; als die letztere abgelagert wurde, mussten sie allseitig von Gletscherwassern umflossen sein, es waren Molasseinseln im Gletscherboden.

Bei der Station *Glattfelden* teilt sich die Niederterrasse des *Glatttales* in zwei Arme, von denen der eine sich direkt nördlich gegen *Eglisau* dem *Rheine* zu wendet; wir möchten diese Abflussrinne *Eglisauertal* nennen.

Der andere Zweig der Terrasse verläuft nordwestlich über *Glattfelden* gegen den *Rhein*; die *Glatt* hat in diesen Arm des Schotterfeldes ihr Tal eingegraben.

Die Hochterrassenfläche südlich von *Glattfelden* ist von zwei wasserlosen Rinnen durchschnitten, die an der Endmoräne des *Linthgletschers* ihr oberes Ende finden und ohne wesentliche Schuttkegelbildung auf der Niederterrasse auslaufen; sie können demnach nicht postglacialen Alters sein, sondern sie sind von den Gletscherwassern gebildet worden, die von der Moräne abflossen (siehe geol. Karte Nr. 36).

b. Das Windlachertal.

An den unverletzten Moränenwall bei *Stadel* schliesst sich ein ebenfalls unverletztes Schotterfeld an, das bei einer Breite von mehr als 1 km. einem ziemlich mächtigen Gletscherwasser als Abflussrinne gedient haben muss. Aus dem Verlauf der Terrasse zu schliessen, hatten diese Schmelzwasser zuerst 2,7 km. N-Richtung inne, vereinigten sich dann mit dem Fluss des *Glattfeldertales*, um mit diesem gemeinsam zum *Rheine* zu stossen. Das Gefälle der Terrasse von der Moräne bei *Stadel* bis nach *Zweidlen* (westlich von *Glattfelden*) berechnet sich auf 7,3 ‰, von hier bis *Kaiserstuhl* auf 4,5 ‰.

c. Das Bachsertälchen,

welches bei *Kaiserstuhl* von der linken Seite her ins *Rheintal* einmündet, macht mit seinem U-förmigen Querschnitt und seinem zirka 200 m. breiten Talboden nicht den Eindruck eines postglacialen Bachtobels. Die Talsohle läuft bei *Fisibach* ganz deutlich auf die Niederterrasse des *Rheines* aus, muss daher mit dieser im Alter übereinstimmen. Verfolgen wir das Tal aufwärts südlich über *Bachs* hinaus, so finden wir es durch den äussern Endmoränenwall nach oben abgeschlossen. Die Gletscherwasser, die hier dem Saum des Eises entströmten, konnten nur durch das *Bachsertal* ihren Abfluss finden und haben diesem so ziemlich die heutige Form verliehen.

d. Das Surbtal (Niederweningertal).

Die südlichste Abflussrinne unseres Gebietes schliesst bei *Schöfflisdorf* mit einem deutlichen Übergangskegel in einer Höhe von 480 m. an den Seite 54

besprochenen Moränengürtel an. Die hier dem Gletschersaum entströmenden Schmelzwasser mussten ihren Weg durch das *Surbtal* auf der N-Seite der *Lägern* über *Niederweningen*, *Lengnau*, *Tegerfelden* nehmen, um bei *Döttingen* ins *Aaretal* einzumünden. Die gebildete Niederterrasse ist besonders im oberen Teil des Tales durch postglaciale Aufschwemmungen verdeckt, im unteren Teil dagegen, wo die *Surb* sich seither tief eingeschnitten hat, lässt sich die Terrasse auf der linken Talseite von *Tegerfelden* an abwärts als deutliche Gehängestufe verfolgen. Die letztere ist bei der Vereinigung mit dem *Aaretal* bei *Döttingen* zirka 355 m. hoch. 2 km. südlich von dieser Stelle finden wir ein grosses Stück der Niederterrasse der maximalen Ausdehnung des *Aaretales* bei 356—360 m. (T. A. Bl. 22), es liegt daher ausser allem Zweifel, dass im Anfang der letzten Vergletscherung durch das *Surbtal* ein Schmelzbach seine trübe Gletschermilch gewälzt hat, um sich bei *Döttingen* mit den Schmelzwässern des *Aaretales* zu vereinigen.

3. Die Grundmoräne des Rheintales.

Als Produkt der letzten Eiszeit muss auch die mächtige Grundmoräne betrachtet werden, die von *Diessenhofen* bis zur Gletschergrenze an zahlreichen Stellen aufgeschlossen ist und auf dieser Strecke das ganze *Rheintal* ausgekleidet zu haben scheint. Ihre Zusammensetzung ist fast durchwegs dieselbe, fast überall finden wir einen zähen Bänderton mit wenig Geschieben. Bei *Diessenhofen* liefert die Grundmoräne das Rohmaterial für die dortige Ziegelfabrik; eine nur 1 m. mächtige, bei einem Rückzugsstadium des Rheingletschers gebildete Kiesschicht bildet das Hangende des Lehm.

Ein ähnlicher Bänderton wird bei der Station *Schlatt* für die Ziegelfabrik *Paradies* ausgebeutet. Eine 3—4 m. mächtige Kiesschicht bedeckt hier die Moräne. Am Kontakt der beiden Ablagerungen fliessen grosse Quantitäten des auf dem Lehm zirkulierenden Grundwassers aus, so dass an den Wänden der Lehmgrube Entwässerungsrinnen angelegt werden mussten. Die Moräne ist in der Grube auf zirka 8 m. aufgeschlossen, in ihrer Sohle wurde Ende des Jahres 1904 ein Schacht gegraben, der trotz seiner 10 m. Tiefe das Liegende des Lehm noch nicht erreichte; wir dürfen also hier die Mächtigkeit der Grundmoräne zu mindestens 18 m. annehmen.

Herr Dr. L. Rollier beobachtete hier bei einem Besuche im Jahr 1901 eine eigentümliche Verbiegung der Tonschichten, die wahrscheinlich auf Stauchung durch das Gletschereis zurückzuführen ist; gegenwärtig ist aber die betreffende Stelle gänzlich abgebaut.

Vielleicht darf man auch die Grundmoräne, welche am *Emmersberg* bei *Schaffhausen* bei der Anlage des Eisenbahntunnels fast unüberwindliche Schwierigkeiten bereitete, hierher rechnen.

Ein dem Bänderton von *Diessenhofen* und *Paradies* ähnlicher Lehm ist bei *Flurlingen* aufgeschlossen¹⁾. Ein neuer Fetzen unserer Grundmoräne überlagert in der gleichen lehmigen Ausbildung die alten verkitteten Schotter am *Rheinfall*, die Anlage der Eisenbahnlinie *Schaffhausen-Eglisau* war in diesem Lehm mit grossen Schwierigkeiten verbunden.

In der ehemaligen Lehmgrube beim *Durstgraben* (südwestlich *Neuhausen*) lagert die Grundmoräne direkt auf Jurakalk auf, der vom Gletscher prachtvoll geschrammt ist. Gegenwärtig ist der Schliff verwittert, und neue Stellen sind nicht mehr abgeräumt worden, wir finden ihn aber in der älteren Literatur mehrfach erwähnt²⁾.

Die geol. Karte Nr. 35 verzeichnet in der Umgebung von *Rheinau* an den Uferhalden des *Rheines* ein Band von Moräne, es ist wieder unsere lehmige Grundmoränenschicht, die ich im April 1903 im *Stadtgraben* südlich von *Rheinau* in Bohrlöchern, die für das projektierte Wasserwerk *Rheinau* ausgehoben wurden, konstatieren konnte. Weitere Aufschlüsse sind in der Schlucht des *Eulengrabens* bei *Altenburg* und 500 m. südlich von *Balm*. Die Grundmoräne lagert hier meistens auf der Molasse, an einigen Stellen scheint sie auch über ältere Schotter wegzugehen, überall ist sie aber von den jüngern Schottern der Rückzugsterrassen überlagert.

Beim Bau der Bahnlinie *Schaffhausen-Eglisau* wurde die Grundmoräne auch am *Hohrain* nördlich *Altenburg* und beim Bahnhof *Lottstetten* aufgeschlossen³⁾.

An der Grenze der letzten Vergletscherung hört die lehmige Grundmoräne auf. Vergewärtigen wir uns ferner, dass sie direkt auf Jura, Molasse oder älteren Schottern lagert und von den Kiesen der Rückzugsterrassen, bei *Altenburg* sogar von den Schottern der ersten Rückzugsphase bedeckt ist, so wird man die Bildung unserer Grundmoräne am besten dem maximalen Stand der letzten Vergletscherung zurechnen.

¹⁾ *Penck* rechnet den Bänderton von *Flurlingen* zur vorletzten Eiszeit, ohne dafür bestimmte Gründe anzugeben (Glacialbildungen um *Schaffhausen*, S. 169).

²⁾ *Merklein*, Beiträge zur Kenntnis der Erdoberfläche um *Schaffhausen*, S. 96.

L. Würtemberger, Über die Entstehung des *Schaffhauser Rheinfall*s. Jahrbuch für Mineralogie 1871, S. 584.

Gutzwiller, Diluvialbildungen der Umgebung von *Basel*, S. 611.

Penck, Glacialbildungen um *Schaffhausen*, S. 165.

³⁾ *Meister, J.*, Neuere Beobachtungen etc., S. 31.

4. Die erratischen Gesteine.

a. Die Gesteine des Sammelgebietes.

Es ist eine ungemein bunte Gesellschaft von Gesteinen, die aus dem Sammel- und Durchzugsgebiet des *Rhein-* und *Linthgletschers* ihre Reise auf, in oder unter dem Eis in unser Gebiet gemacht haben. Mehr als die Hälfte haben an die Zusammensetzung des Erratikums die jurassischen, cretacischen und eocänen Sedimente der Alpen und Voralpen geliefert. Aus dem Verrucano haben wir eine Reihe von Varietäten, am häufigsten sind die roten, grob- bis feinkörnigen Konglomerate, seltener die sogenannte „*Ilanzer Varietät*“¹⁾. Aus dem *Bündnerschiefer* haben wir Kalkphyllite, Cipelin (*Vals, Rheinwald*)²⁾, Marmor (*Schams, Rheinwald*). Hier und da trifft man: Muscovit-Granat-Glimmerschiefer (*Adulamassiv*), Sericitschiefer, eklogitartige Amphibolithe³⁾ (*Avers, Adula, Septimer*). Eklogite (*Valsertal*), Gabbro (*Oberhalbstein*), *Taspinit* (Alp *Taspin* im *Schams*), Adulagneiss (*Adulamassiv*), Biotitgneiss, Rofnaporphyr (Rofnaschlucht), grobkörniger bis feinkörnig-schiefriger Diorit von *Dissentis*, ferner *Julier-* und *Albulagranite*. Die Puntaiglasgranite (*Val Puntaiglas*, nördlich *Truns* und *Val Frisal* bei *Brigels*) finden sich nördlich vom *Irchel* ziemlich selten, *Schalch* erwähnt einen 8 Kubikfuss grossen Block dieses Gesteines vom *Bruderhof* am *Schienerberg* bei *Stein*⁴⁾. Viel häufiger sind die Puntaiglasgranite im *Glatttal*, im Gebiet des *Linthgletschers*. Die Sache erklärt sich einfach. Bei *Sargans* schob der *Rheingletscher* seine linke Flanke mit den von der linken Talseite stammenden Puntaiglasgraniten durch das *Walenseetal* dem *Linthgletscher* zu⁵⁾.

Als charakteristische Gesteine des *Linthgletschers* finden wir im *Glatttal* Sernifit, Melaphyr, Taveyannazsandsteine und besonders zahlreiche Blöcke von Speernagelfluh.

b. Die Gesteine des Durchzugsgebietes. Die Phonolithe.

Auch ausserhalb des Alpengebietes haben die Gletscher ihre Gesteinssammlung noch vermehrt. So sind Blöcke der Seelaffe, eines Muschelsandsteins, der in

¹⁾ Von *L. Wehrli* (Das Dioritgebiet von Schlans bis Dissentis im Bündner Oberland, Seite 47) als schiefrig gequetschten Dioritporphyr beschrieben.

²⁾ Die eingeklammerten Namen bedeuten die mutmassliche Heimat des betreffenden Gesteines.

³⁾ *Gutswiller*, Die erratischen Gesteine etc., S. 183.

⁴⁾ *Gutswiller* und *Schalch*, Beitr. z. geol. Karte d. Schweiz, Lfg. 19, II. Teil, S. 130.

⁵⁾ *A. Wettstein*, Geologie von Zürich und Umgebung, 1885, Diss., S. 27.

der Gegend von *Rheineck* und bei *Bregenz* anstehend ist, radienartig auf weite Strecken verbreitet und bis in unser Gebiet nach *Neuhausen* und *Altenburg* getragen worden¹⁾. In der Umgebung von *Schaffhausen*, bei *Thayngen* und im *Klettgau* finden sich zahlreiche Gerölle von Weissjurakalken des *Randen*.

Einen interessanten Beitrag zu den erratischen Gesteinen des *Rheingletschers* haben die Vulkankegel des *Hegau* geliefert; es sind dies Basalte (selten), Phonolithe, sowie vulkanische Tuffe vom *Heilsparg* bei *Gottmadingen* und von der *Rosenegg*. In der Umgebung von *Schaffhausen* und im *Klettgau* liefern die Phonolithe ein ganz wesentliches Kontingent an die Zusammensetzung des Erratikums. Merkwürdigerweise zeigt der Phonolith in den Moränen und Schottern einen viel bessern Erhaltungszustand als am *Hohentwiel*, wo das Gestein anstehend ist. Hier hat die beginnende Verwitterung den charakteristischen Glanz und die dunkle Farbe verwischt und ein bräunliches oder grünlichgraues Gestein daraus hervorgehen lassen. Die erratischen Phonolithe dagegen sind häufig noch ganz frisch, fast schwarz mit ölartigem Glanz und zerspringen beim Schlag mit dem Hammer in scharfe Splitter. Am besten zeigen sich diese Differenzen der Zersetzung bei den Mineralien der Hauyngruppe. *Cushing* und *Weinschenk*²⁾ fanden die Durchschnitte der Hauyne in einem erratischen Phonolith vom *Pleeren*³⁾ (2,5 km. westlich *Singen*) noch vollständig frisch, so dass hier die Mikrostruktur genau studiert werden konnte. In allen andern Gesteinen waren die Hauyne, wenn auch die übrigen Mineralien frisch waren, der Zersetzung anheimgefallen.

Ähnliche Erfahrungen über den Erhaltungszustand hat *Erb* mit einem Block erratischen Phonolithes vom *Heilsparg* bei *Gottmadingen* gemacht⁴⁾.

Aus der erratischen Verbreitung der Phonolithe geht hervor, dass das Eis des *Rheingletschers* vom *Hohentwiel* dem *Randen* entlang bis in die Gegend von *Schaffhausen* geflossen sei. Die Schmelzwasser des phonolithführenden Gletscherandes flossen beim maximalen Stande des Gletschers durch die nördlichsten unserer Abflussrinnen, durch *Wangental* und *Klettgau* ab; in diesen beiden Niederterrassenfeldern sind die Phonolithe häufig, ich fand sie noch in einer Niederterrasse zwischen *Waldshut* und *Thengen* inmitten zahlreicher Schwarzwaldgerölle. In den Schottern des *Rafzerfeldes* habe ich bis jetzt keine Phonolithe gefunden.

¹⁾ J. Früh, Die Drumlins-Landschaft. Berichte d. naturf. Gesellschaft St. Gallen 1894/95, Seite 364.

²⁾ H. P. Cushing und E. Weinschenk, Zur genauen Kenntnis der Phonolithe des Hegaus, Tschermaks min. u. petr. Mitteilungen. B. XIII, S. 23.

³⁾ Auf den Karten als *Schooren* benannt.

⁴⁾ J. Erb, Über die vulkanischen Auswurfmassen des Hühgaus. Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich 1900. S. 54.

Von der Verbreitung der Phonolithe in den Rückzugsterrassen wird im folgenden Kapitel die Rede sein.

c. Die grössten erratischen Blöcke.

Der grösste mir bekannte Block der letzten Eiszeit ist der „Röthelstein“ 1,5 km. nordöstlich *Ober-Embrach*, in einer Höhe von 582 m.; ich schätze seinen Inhalt auf zirka 80 m³, wobei aber nicht zu ermessen ist, wie viel davon noch im Boden steckt. Zwei Sprenglöcher zeigen deutlich, dass schon einzelne Stücke abgesprengt worden sind. Der Block besteht aus einem schiefrigen Verrucano, der mit seiner braunroten Farbe dem benachbarten Hof den Namen *Rothenfluh* (T. A. Bl. 41) verliehen hat. Nach *Weber*¹⁾ ist der Stein von *Escher von der Linth* angekauft und der zürcherischen naturforschenden Gesellschaft abgetreten worden. Einige hundert Meter südlich von *Ober-Embrach* liegt ein zirka 6 m³ grosser Kalkblock, im übrigen sind grössere Blöcke selten, sie sind alle dem Häuserbau zum Opfer gefallen; so war noch vor einigen Jahrzehnten auf der *Egg* 1,5 km. nördlich von *Dorf* (geol. Karte Nr. 34) ein grosser Sandsteinblock, von dem die ganze Umgebung die Bausteine bezog, heute ist davon nichts mehr vorhanden²⁾.

II. Die Rückzugsstadien der letzten Vergletscherung.

1. Im Fulachtal und im heutigen Rheintal.

a. Allgemeines.

Allmählich hat aber die siegreich vordringende Sonnenwärme den Gletscher aus seiner maximalen Stellung zum Rückzuge gezwungen. Während sich der Saum des Eises ostwärts verschob, wurde auch die Mächtigkeit des Gletschers reduziert, so dass die eisbedeckten Höhen wieder emportauchten und dadurch die zusammenhängende Eisdecke in einzelne Lappen auflösten. *Fulach-*, *Rhein-*, *Thur-* und *Tösstal* erhielten so ihre eigenen Eiszungen.

Das schönste Bild eines Gletscherrückzuges hat uns der Eisstrom zwischen *Kohlfirst* und *Randen* geschaffen. Als sich hier der Gletscher von der Moräne des Maximalstandes des Eises zurückzog, „kam es leicht dazu, dass zwischen dem

¹⁾ J. Weber, Geologie von Winterthur und Umgebung. Winterthur in Wort und Bild von A. Isler. S. A., S. 4.

²⁾ Mitteilung von Herrn Sek. Gubler in Andelfingen.

Eisrand und der verlassenen Moräne ein hohler Raum entstand, in dem sich die Schmelzwasser sammelten, bis sie an geeigneter Stelle den Wall durchbrachen, wobei sie sich gewöhnlich auch in dessen Übergangskegel einschnitten. Sobald der Gletscher wieder stationär wurde und eine neue Endmoräne anhäufte, wurde diese Ausflusssrinne neuerdings verschüttet: es entstand ein Teilfeld, das in der Regel tiefer liegt als die Hauptfläche. So ging es fort; der Serie der Moränenwälle entspricht eine Serie terrassenförmig nebeneinander gelegener, gleichsam ineinander eingeschachtelter Teilfelder, die häufig schon unweit des Übergangskegels ineinander münden“ ¹⁾.

Die einzelnen Teilfelder der Rückzugsbewegungen unseres Gletscherlappens sind auf der geol. Karte Nr. 35 genauer kartiert; die mit denselben verknüpften Moränen finden wir östlich und nordöstlich von *Schaffhausen*, wo *Penck* ²⁾ und *Meister* ³⁾ das Diluvium bereits genauer studiert haben.

b. Die Breite-Klaffentalterrasse.

Das Gletscherende hat sich vom obern Rand des *Klettgau* über *Schaffhausen* zurückgezogen und blieb beim *Spiegelgut* (1,3 km. südwestlich *Herblingen*, T. A. Bl. 45) längere Zeit stehen, um eine Endmoräne zu bilden. An die letztere lehnt sich eine Terrasse an, die bei *Schaffhausen* die weite Ebene der *Breite* bildet und daher von *Penck* *Breiteterrasse* genannt wurde. Am Fusse der *Hohfluh* finden wir sie neuerdings, zuerst als schmales Band, gegen *Neuhausen* wird sie allmählich breiter und trägt dort den Bahnhof der badischen Bahn in einer Höhe von 450 m. Der Eingang in den *Klettgau* liegt hier bei 465 m., also viel höher als unsere Terrasse, es ist daher ausgeschlossen, dass zur Zeit dieses Rückzugsstadiums die Schmelzwasser ihren Weg durch den *Klettgau* nehmen konnten, d. h. der letztere war als Abflusssrinne damals schon ausgeschaltet.

Zwischen dem *Aazheimerhof* und der Station *Altenburg* bildet die Terrasse ein weites Feld. Gegen SW verengt sie sich und zieht sich als nur 60 m. breites *Klaffental* hinter dem Juraplateau der *Dankholzebene* gegen *Jestetten*, um hier sowohl in der Richtung als in der Sohlenhöhe ins *Wangental* einzumünden.

Auch das *Rafzerfeld* hat damals noch seinen Fluss gehabt. Am Ende der geol. Karte Nr. 35 beginnt, zirka 12 m. tief in die Niederterrasse des *Rafzerfeldes* eingesenkt, ein beidseitig geschlossenes, tadellos erhaltenes Tal, dessen Sohle der Terrasse des *Klaffentales* entspricht. Weiter südlich wird das Tal

¹⁾ *Penck*, A., Die Alpen im Eiszeitalter, S. 18.

²⁾ *Penck*, A., Die Glacialbildungen um Schaffhausen.

³⁾ *Meister*, J., Neuere Beobachtungen etc.

immer breiter und läuft, sich gegen die Station *Hüntwangen-Wil* ziehend, auf die Terrasse des maximalen Gletscherstandes aus.

Während des Rückzugsstadiums beim *Spiegelgut* resp. *Schweizersbild* haben wir also folgende hydrographische Verhältnisse: Trockenlegung des *Klettgau*. Abfluss durch das *Klaffental* in das *Wangental* und durch dieses über *Osterfingen-Weisswil-Griessen* nach *Waldshut*. Zweite Rinne durch den nördlichen Teil des *Rafzerfeldes*.

Auch das heutige *Rheintal* von *Rüdlingen* gegen die *Tössmündung* scheint damals einem Teil der Gletscherwasser als Abflussrinne gedient zu haben.

c. Die Stockarterrasse.

Bei *Schaffhausen* finden wir zirka 13 m. tiefer als die Breiteterrasse eine neue Schotterstufe, welcher der *Stockarberg* angehört (448 m.) und von *Penck* *Stockarterrasse* genannt wurde. Auf der rechten Seite des *Fulachtales* lässt sie sich über *Herblingen* verfolgen, wo sie den obern Teil des Dorfes trägt, und sie ist auf dem *Wippel* (südwestlich *Thayngen*) mit Moränen verknüpft¹⁾.

Die Stockarterrasse scheint noch zur Stufe des *Klaffentales* zu gehören, sie liegt wenigstens zu tief, um bei *Altenburg* mit der folgenden, tiefer liegenden Terrasse (Nr. III der geol. Karte Nr. 35) identifiziert zu werden. Wir beobachten denn auch, dass die *Klaffentalterrasse* westlich vom *Hohrain*, 1,8 km. nordwestlich *Altenburg*, etwas höher liegt als östlich desselben, d. h. die Terrasse II (*Klaffental*) beginnt sich nach oben in zwei Terrassen aufzulösen, von denen die obere, die westlich des *Hohrains* verläuft, bei *Schaffhausen* der *Breiteterrasse* entspricht, während der andere, etwas tiefere Zweig mit der *Stockarterrasse* identifiziert werden muss; die Gefällsverhältnisse der *Stockarterrasse* stimmen mit dieser Annahme ganz auffallend überein:

1. *Grüss* (1 km. östlich *Stetten* 487 — *Stockarberg* (*Schaffhausen*) 447 = 6,4 ‰
2. *Stockarberg* — *Klaffental* 437 = 4 ‰
3. *Klaffental* — *Osterfinger Bad* 408 = 2,8 ‰
5. *Osterfinger Bad* — *Griessen* 393 = 2,7 ‰

(Die Fortsetzung ist aus der Tabelle Seite 58 ersichtlich.)

d. Die Lottstetterterrasse.

Zwischen *Altenburg* und der gleichnamigen Eisenbahnstation finden wir ein neues Schotterfeld (Terrasse III der geol. Karte Nr. 35), das zirka 14 m. tiefer

¹⁾ *Penck*, Die Glacialbildungen um Schaffhausen, S. 171.

liegt als die Sohle des *Klaffentales*; das letztere war daher zur Zeit der Bildung der Terrasse III bereits zum Trockental herabgesunken. Weiter südlich finden wir die Terrasse neuerdings als *Schnellgalgen*. Jenseits der Schlucht des *Volkenbaches* dehnt sie sich zum weiten *Lottstetterfeld* aus und lässt sich von da an am Rand des *Rafzerfeldes* bis nach *Rüdlingen* verfolgen.

Beim Eingang des jüngeren Tales im *Rafzerfeld* (Terrasse II, Sohlenhöhe 416 m.) hat die *Lottstetterterrasse* nur eine Höhe von 410 m., es konnte also zu jener Zeit kein Wasser mehr ins *Rafzerfeld* überfließen. Zur Zeit der Bildung der *Lottstetterterrasse* hatte also der *Rhein* den *Klettgau*, das *Wangen-Klaffental* und das *Rafzerfeld* als Abflussrinnen aufgegeben und sämtliche Schmelzwasser machten den weiten Umweg gegen S.

Bei *Schaffhausen* entspricht unserer *Lottstetterterrasse* die *Munothterrasse*, welche auf der linken Seite des *Fulachtales* die ausgedehnte Fläche auf dem *Ebnet* (T. A. Bl. 45) bildet. Wir finden sie weiter als *Steinacker* südlich *Herblingen*, sowie als kleinen Terrassenrest beim *Försterhaus* (0,6 km. östlich *Herblingen*) und sie endigt an den mit kristallinen Gesteinen der *Alpen* ungemein stark gemischten Schottermoränen zwischen *Thayngen* und der *Ziegelhütte* (T. A. Bl. 45).

Zum Niveau der *Munoth*-, resp. *Lottstetterterrasse* gehört die Sohle des Tales *hinterm Berg* (1 km. südlich *Thayngen*), die mit einem deutlichen Terrassenrand zum heutigen Talboden des *Fulachtales* abfällt. Setzen wir unser Tal, das heute in seinem untern Teil von einem Torfmoor eingenommen ist, gegen E fort, so sehen wir es beim *Hugigrund* zu einer blockreichen Moräne ansteigen, welche im Alter den Schottermoränen von *Thayngen* entsprechen muss. Zur Zeit des Rückzugsstadiums bei *Thayngen* entströmten demnach dem Gletscher zwei wichtige Schmelzwasserbäche, der eine floss am *Kesslerloch* vorbei durch das *Fulachtal*, der andere kam vom *Hugigrund* durch das Tal *hinterm Berg* und vereinigte sich beim Bahnwärterhaus 1,3 km. südwestlich der Station *Thayngen* mit dem ersten Gletscherbach.

Die Terrasse III ist auch im *Rheintal* östlich von *Schaffhausen* entwickelt, die Ebene, auf welcher die Kirche *Feuerthalen* steht, gehört ihr an. Nur 1 km. östlich steigt das Schotterfeld zur Endmoräne *Lindenbuck* (453 m., T. A. Bl. 47) an. Die Verknüpfungsstelle ist durch zwei Kiesgruben gut aufgeschlossen. Der untere der beiden Aufschlüsse zeigt uns zirka 30 m. unter der Terrassenoberfläche einen feinen Schlamm sand mit Sandschwalbenlöchern, dann kommen schlecht geschichtete Schotter mit unvollkommen gerundeten Geröllen (verschwemmte Moräne), darüber wieder gut geschichteter Kies. In der obern Kiesgrube finden wir neuerdings fluvioglaciale Schotter, über welchen Moränen das Profil nach

oben abschliessen; wir haben also hier ein gutes Beispiel von Verzahnung oder Verknüpfung von glacialen mit fluvioglacialen Ablagerungen.

Die Gefällsverhältnisse der Terrasse III sind:

<i>Hugigrund</i> (1 km. südlich Thayngen) 460 m. — <i>Stein-</i>	
<i>acker</i> (südlich Herblingen) 445 m.	= 3,7 ‰
<i>Steinacker</i> — Station <i>Altenburg</i> (423 m.)	= 2,7 ‰
Station <i>Altenburg</i> — <i>Lottstetterfeld</i> (416 m.) . . .	= 1,6 ‰
<i>Lottstetterfeld</i> — <i>Nack</i> (413 m.)	= 1 ‰

e. Gletscherschwankung.

*Meister*¹⁾ hat zuerst in überzeugender Weise gezeigt, dass in der Zeit des Gletscherrückzuges sich noch eine kurze Periode intensiven Vorstossens der Eismassen eingeschoben hat, und führt dafür eine Reihe von Beobachtungen ins Feld. Wie schon *Gutzwiller*²⁾ erwähnt, ist in den Kiesgruben beim *Spiegelgut* in der Nähe vom *Schweizersbild* der zur *Stockarterrasse* gehörende Kies mit blockreichem Moränenmaterial überstreut. Wir müssen daraus schliessen, dass der Gletscher, nachdem er die Terrasse von einem weiter nordöstlich gelegenen Punkte aufgeschüttet hatte, neuerdings vorrückte und dabei das Schotterfeld mit Moränenschutt überstreute.

Meister verlegt den Vorstoss des Gletschers in den Zeitraum zwischen der Ablagerung der *Stockar-* und *Munothterrasse*, d. h. der Stufen II und III der geol. Karte Nr. 49. In der Kiesgrube 0,5 km. südlich *Feuerthalen* ist aber auch der Schotter der Terrasse III noch mit Moräne bedeckt. Die Grenze zwischen Schotter und Moräne entspricht gerade der Terrassenoberfläche III, auch diese ist also noch vor dem nachträglichen Vorstoss abgelagert worden.

Wie weit der Gletscher noch vorgerückt ist, lässt sich nicht mit Sicherheit bestimmen, denn eine Endmoräne ist von diesem Vorstoss nicht bekannt. Wir dürfen annehmen, dass diese Oscillation identisch ist mit der *Laufenschwankung*, die *Penck*³⁾ im *Salzachgebiete* nachgewiesen hat; wir werden im folgenden Kapitel ähnliche Verhältnisse auch im *Thurtal* feststellen können.

Die fluvioglaciale Facies dieses Vorstosses ist uns wahrscheinlich durch die nördlich von *Altenburg* weit verbreitete Terrasse Nr. IV (416—418 m. hoch) repräsentiert, für die bei *Schaffhausen* keine Fortsetzung zu finden ist, weder im

¹⁾ *Meister, J.*, Neuere Beobachtungen etc., S. 39 ff.

²⁾ *Gutzwiller*, Die erratischen Gesteine etc., S. 188.

³⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen etc., Liefg. II, S. 157.

Fulachtal noch bei *Feuerthalen*. In einem Aufschluss an der *Nolhalde* (am rechten *Rheinufer* 0,7 km. westlich von *Dachsen*, ist der Schotter dieser Stufe ungemein reich an grossen bis zentnerschweren Blöcken, was für die Nähe der Verknüpfungsstelle mit den Moränen charakteristisch ist; wo aber diese wahrscheinlich zum nachträglichen Vorstoss der Eismassen gehörenden Moränen sind oder waren, entzieht sich unserer Beobachtung.

Die Terrasse VI bildet die Sohle des schmalen Trockentales *Tobel* an der W-Seite des *Rundbuckes* (1,5 km. südwestlich von *Neuhausen*), der zu jener Zeit ganz von den Schmelzwässern umflossen gewesen sein muss, denn er ragt als Insel aus der Terrasse IV empor. Die letztere bildet auf der rechten *Rheinseite* südöstlich von *Dachsen* eine ausgedehnte Fläche, ein Aufschluss an der *Rötehalde* an der Bahnlinie zwischen *Dachsen* und *Marthalen* zeigt uns zeitweilig, je nach dem Stande der Ausbeutung der Kiesgrube, stellenweise eine nach N, an andern Orten nach S einfallende Deltaschichtung unter einer mehrere Meter mächtigen, horizontalen Übergusschicht. Die Kiesgrube ist reich an Phonolithen, die sich übrigens auch im Schotter der Terrasse III, besonders im *Lottstetterfeld*, sowie in Terrasse V (Kiesgrube beim *Radhof*, 2,5 km. südöstlich *Rheinau*) noch ziemlich häufig finden; *Gutzwiller*¹⁾ hat daher unrecht, wenn er behauptet, dass südlich von *Schaffhausen* die Phonolithe fehlen.

f. Die Altenberg-Fulachterrasse (Nr. V).

Nördlich von *Schaffhausen* folgt unter der *Munothterrasse* als neue Stufe der Talboden des *Fulachtales*, der südlich von *Herblingen* 423 m. hoch liegt und bei *Schaffhausen* noch als Terrassenränder zu erkennen ist. Bis nach *Thayngen* bildet diese Terrasse die Sohle des *Fulachtales* und steigt zwischen *Bietingen* und *Gottmadingen* zu einem 2—3 km. breiten Moränengürtel an, der in zahlreiche Hügel, Wälle und abflusslose Becken aufgelöst ist (T. A. Bl. 45).

Die Abflussrinne *hinterm Berg* südlich *Thayngen* (siehe Seite 70) war zur Zeit dieses Rückzugsstadiums bereits trocken gelegt, denn die zu Terrasse III gehörenden Moränen haben das Tal durch einen Riegel abgeschlossen, der jetzt noch nicht durchbrochen ist; so war denn der Talboden des *Fulachtales*, auf dem die Bahnlinie *Schaffhausen-Singen* angelegt ist, die einzige Abflussrinne der den Moränen von *Bietingen* entströmenden Gletscherwasser.

Die Sohle des *Fulachtales* setzt sich von *Thayngen* auch ins *Bibertal* gegen *Hofen* fort (*Penck*, Glacialbildungen um Sch., S. 173). Stundenweit können wir

¹⁾ *Gutzwiller*, Diluvialbildungen in der Umgebung von Basel. S. 610.

dieses merkwürdige Tal verfolgen, das schon bei *Thayngen* mit seiner breiten Sohle nicht den Eindruck macht, als wäre es von einem kleinen Flüsschen wie die *Biber* erodiert worden. Wir verfolgen das Tal über *Bibern*, *Hofen*, *Büsslingen*, *Beuren* gegen *Binningen*, wo statt der *Biber* nur noch ein kleiner Bach seine Wasser mühsam dahinschleppt. Mit gleicher Physiognomie setzt sich unser Tal mit einer eher noch breiter werdenden Sohle, stellenweise eingerahmt von älteren Schottern (innerhalb der letzten Eiszeit, wahrscheinlich zum Maximum derselben gehörend) hinter dem *Hohenstoffel* gegen N fort. Bei *Welschingen*, am S-Fuss des *Hohenhöwen*, durchbricht das Tal den äusseren Moränenkranz der letzten Vergletscherung, breitet sich in dessen Zungenbecken zu einem ausgedehnten Terrassenfelde aus und ist östlich von *Welschingen* mit Endmoränen verknüpft. Von den letzteren müssen demnach die Schmelzwasser auf dem angegebenen Wege nach *Thayngen* geflossen sein, um gemeinsam mit dem Gletscherbach der Endmoräne von *Bietingen* durch das *Fulachtal* nach *Schaffhausen* zu gelangen.

Am *Rheine* entspricht der Talsohle des *Fulachtales* die Terrasse, auf welcher das Dorf *Feuerthalen* steht; nach *Penck* (Glacialbildungen S. 172) findet sie ihr Ende an der Moräne *Altbühl* bei *Langwiesen*.

Als untere Fortsetzung betrachte ich die Terrasse V, die bei *Altenburg* in drei Übergangsterrassen aufgelöst ist; wir finden sie ferner östlich von *Rheinau* und als Plateaufläche des *Kachberg* (0,6 km. östlich *Ellikon*).

g. Die Langwieserterrasse.

Nach Ablagerung der weitverzweigten Terrasse V hat der Gletscher sich neuerdings zurückgezogen. Am *Rheine* hat er während eines kurzen Stillstandes nur 0,7 km. östlich der Moräne *Altbühl* eine nur noch in Resten vorhandene Endmoräne gebildet, auf welcher die Gebäude des ehemaligen Klosters *Ihradies* stehen (T. A. Bl. 47). Der Moräne ist eine kleine Terrasse vorgelagert, auf deren Fortsetzung das Dorf *Langwiesen* steht.

h. Die Scharenwald-Rheinauerterrasse (Nr. VI).

Auf seinem weiteren Rückzug war der Gletscher bei *Diessenhofen* wieder längere Zeit stationär, eine mächtige Endmoräne bezeichnet von *Basadingen* über *Willisdorf* nach *Diessenhofen* den Saum des Eises zu jener Zeit. Der zusammenhängende Wall, an dessen innerem Rand der *Geisslibach* entlang fliesst, schliesst ein weites Zungenbecken ein, dessen ehemalige Ausfüllung mit Wasser durch

lacustroglaciale Sande in einem Aufschluss bei der Lehmgrube der Ziegelfabrik *Diessenhofen* zu sehen war (Dezember 1904).

Westlich von *Diessenhofen* ist der Moräne ein breites Schotterfeld vorgelagert, das von *Penck Scharenwaldterrasse* genannt wurde; wir finden es auch auf der rechten *Rheinseite* in der Umgebung von *Büdingen* entwickelt. In der Lehmgrube der Ziegelfabrik bei der Station *Schlatt* ist der Kies dieser Terrasse 3—4 m. mächtig und liegt auf Grundmoräne. Als Äquivalent der *Scharenwaldterrasse* betrachte ich die Terrasse VI der geol. Karte Nr. 35, auf welcher *Neu-Rheinau* in einer Höhe von 395 m. steht; das Gefälle berechnet sich von *St. Katharimental* bis zum E-Rand des *Scharenwaldes* (T. A. Bl. 47) auf 6 ‰, von hier bis Station *Schlatt* auf 2,3 ‰, bis *Neu-Rheinau* auf 1,3 ‰.

1 km. südöstlich von *Diessenhofen* hat der Gletscher eine neue Moräne abgelagert, ihr entspricht die Terrasse, auf welcher *Diessenhofen* zum grössten Teile steht. Zu diesem Schotterfeld gehört vielleicht der Schotter der Kiesgrube bei der *Säge*, in welchem drei Halswirbel eines diluvialen Wildpferdes, wie es auch im *Kesslerloch* und im *Schweizersbild* vorkommt, gefunden wurde¹⁾. Westlich von *Diessenhofen* geht dieses Schotterfeld in die *Scharenwaldterrasse* über.

i. Das Alter des Rheinfalles.

Die Terrasse VI resp. die *Scharenwaldterrasse* gibt uns die Mittel an die Hand, das relative Alter des *Rheinfalles* genauer zu bestimmen; fassen wir an dieser Stelle die sich darauf beziehenden Erscheinungen zusammen. Als der Gletscher die Endmoränen von *Langwiesen* und *Biethingen* ablagerte, hat bei *Neuhausen* noch kein Wasserfall gerauscht, denn die mit jenem Rückzugsstadium verknüpfte Terrasse Nr. V geht glatt über den Rheinfall hinweg. Ruhlos wälzten sich damals die Wasser über die breite Terrassenfläche dahin, hinweg über die

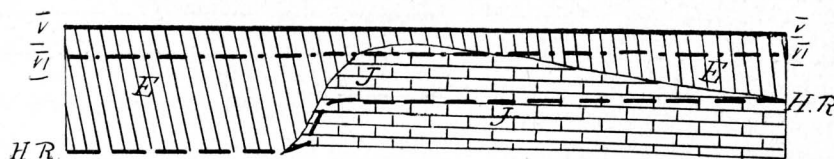


Fig. 6. Längsschnitt durch das Rheintal am Rheinfall.

- J. Anstehender Jura. E. Eiszeitablagerungen (Niederterrassenschotter, Grundmoräne, ältere Schotter).
 V. Terrasse V, 412—417 m. hoch, entspricht dem Rückzugsstadium *Altbühl* bei *Langwiesen*.
 VI. Terrasse VI, bei *Rheinau* 396 m., Station *Schlatt* 406 m., muss am Rheinfall zirka 402 m. hoch gewesen sein, entspricht den Moränen bei *Diessenhofen*. H.R. Heutiger Rhein.

¹⁾ *Wegelin*, Kleinere Mitteilungen. Mitteilungen der thurgauischen naturf. Gesellschaft, XV. Heft, S. 60.

zugeschüttete interglaciale Rinne¹⁾ und über die Juraklippen, die alle noch von Kies bedeckt und daher für den *Rhein* ohne Belang waren. Mit dem Rückzug des Gletschers begann der *Rhein* sich in die Terrasse einzuschneiden, und zwar auf einer Richtung, die mit seiner ehemaligen, in der Tiefe vorgezeichneten Rinne nicht zusammenfiel. An denjenigen Stellen, wo altes und neues Bett voneinander abwichen, kam der *Rhein* bei der Tiefenerosion auf Jurakalk, welcher weitere horizontale Schwankungen unmöglich machte und das weitere Einschneiden verlangsamte, während flussabwärts in den weichen Schottern des alten Tales die Tiefenerosion vorseilte, wodurch sich der *Rheinfall* zuerst als Stromschnelle bilden musste. Zu welcher Zeit kam dort der *Rhein* mit seiner Sohle auf den Jurakalk? Der letztere steht beim Schloss *Laufen* nur einige Meter unter der Oberfläche der Terrasse V in einer Höhe von zirka 410 m. an. Das Schotterfeld der Moränen bei *Diessenhofen* ist bei der Station *Schlatt* 408 m., bei *Rheinau* 396 m. hoch. Setzen wir zwischen beiden Punkten ein gleichmässiges Gefälle voraus, so müssen wir das Niveau des *Rheines* für jene Zeit bei *Laufen* in einer Höhe von zirka 402 m., also schon im Jurakalk annehmen, es musste sich also damals an jener Stelle schon eine Stromschnelle gebildet haben. Die ersten Anfänge des *Rheinfalles* müssen also in die Zeit zwischen der Ablagerung der Terrassen V und VI fallen, was dem Rückzug des Gletschers von *Langwiesen* bis in die Gegend von *Diessenhofen* entspricht.

k. Die innern Moränen bei Ramsen und Stein a. Rh.

Bei seinem weitem Rückzug begann sich unser Eisstrom neuerdings zu teilen. Der eine Zweig zog sich südlich vom *Rodel-* und *Stammheimerberg* über *Stammheim* und *Nussbaumen* gegen das *Thurtal* hin, der andere Teil, welcher das heutige *Rheintal* okkupierte, blieb in der Gegend der *Bibermündung* längere Zeit stationär, zwei Moränenwälle verlaufen hier parallel dem Unterlauf der *Biber*. Nördlich des *Rauhenberges* können wir diesen Moränenzug in das Gebiet des *Fulachtalgletschers* fortsetzen, als *Ramser-* und *Bucher-Schüppel* (T. A. Bl. 46) verfolgen wir ihn bis zur *Rosenegg*. Von hier zieht sich ein ganzer Gürtel von Endmoränen gegen den *Hohentwiel* hin.

Eine neue Rückzugsbewegung verlegte den Saum des Eises in der Umgebung von *Ramsen* zirka 4 km. westlich, um in der Gegend von *Arlen-Worblingen* (T. A. Bl. 46) einen mächtigen Moränenwall anzuhäufen. Der letztere schliesst in seinem Innern ein tiefes Zungenbecken ein, das nach der letzten

¹⁾ Siehe S. 30 ff. und geol. Karte Nr. 35.

Vergletscherung noch eine Zeitlang von den Wassern des *Bodensees* ausgefüllt war¹⁾. Während dieses Rückzugsstadiums hatte das *Fulachtal* bereits als Abflussrinne zu existieren aufgehört, denn der vorhin angegebene Moränengürtel hat vom *Rauhenberg* bei *Ramsen* bis zum *Hohentwiel* eine zusammenhängende *Barriere* gebildet, so dass die Schmelzwasser innerhalb der Moräne einen Abfluss gegen S direkt zum *Rheine* suchen mussten. Es ist dabei ein 1—1,5 km. breites Schotterfeld gebildet worden, auf welchem die Ortschaften *Arlen*, *Rielasingen* und *Ramsen* erbaut sind und auch die Bahnlinie *Etzweilen-Singen* angelegt ist. Im untern Teil dieser glacialen Abflussrinne von *Ramsen* bis zum *Rhein* hat sich später die *Biber* häuslich eingerichtet.

Auch am *Rhein* ist es zur Bildung von Endmoränen gekommen, die mit denjenigen von *Worblingen* dem gleichen Rückzugsstadium angehören. Bei der Station *Etzweilen* durchqueren nicht weniger als 3 Endmoränenmälle das *Rheintal*, am N-Fuss des *Stammheimerberges* biegen sie um und verlaufen, zu einem einzigen Wall zusammengeschart, bei *Stein a. Rh.* ein Stück weit parallel zum *Rhein*.

Wir sind hier, wie auch bei *Worblingen*, beim innern Kranz von Jung-Endmoränen²⁾, der sich am *Rheingletscher* auf weite Strecken verfolgen lässt und das Produkt eines allgemeinen Rückzugsstadiums ist. Von dieser Linie hat sich der Gletscher ein beträchtliches Stück weit zurückgezogen, ohne zur Ablagerung von Endmoränen längere Zeit stationär zu sein. Wir verlassen damit diesen Zweig des *Rheingletschers* und wenden uns zum

Gletscherlappen des Stammheim-Nussbaumertales,

der eine Verbindung des *Thur-* und *Rheintales* bildete. Dieser Zweig hat in der Gegend zwischen *Schlattingen* und *Stammheim* eine Gruppe von Glacialhügeln gebildet, über deren Natur und Entstehung die Akten noch nicht geschlossen sind. 1 km. südöstlich von *Schlattingen* (T. A. Bl. 48) ist am *Breitbühlbuck*, einem in seiner Form unregelmässigen Moränenhügel, ein feiner Schlamm sand, abwechselnd mit Schichten von fluvioglacialem Kies aufgeschlossen. Die Schichten sind auf beiden Seiten der Kiesgrube nach unten abgebogen, d. h. sie verlaufen im allgemeinen parallel zur Oberfläche des Hügels. Ähnliche strukturelle Verhältnisse beobachten wir auch 1 km. weiter südlich an der aus ungefähr einem Dutzend Individuen bestehenden Hügelgruppe bei der *Furtmühle*. Einzelne dieser

¹⁾ Siehe Karte des Rheingletschers in *Penck* und *Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter, Liefg. 4.

²⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen im Eiszeitalter, Liefg. 4, S. 413.

Erhebungen wie *Girsberg*, *Vogelberg*, *Langenbühl*, *Steigbühl*, *Schlosserbuck* sind zu einem endmoränenartigen Bogen angeordnet, sie sind aber trotzdem unter sich isoliert und haben stellenweise steile Böschungen.

Ein ähnliches Material finden wir auch am S-Ende des Dorfes *Guntalingen* in einer Grube am *Weissenbühl* aufgeschlossen. Dieser gehört zu einer Gruppe von zirka einem halben Dutzend elliptischer, mit ihrer Längsaxe in der Stossrichtung des Gletschers verlaufender Hügel, deren Formen zwar nicht so regelmässig sind, dass man den Namen Drumlin darauf anwenden könnte, es lassen sich aber doch gewisse Anklänge an die sanften Formen einer Drumlinlandschaft nicht leugnen. In dem Aufschluss wechseln gut geschichtete feine Sande mit Lagen von feinkörnigem, gut gerundetem Kies, auch verläuft die Schichtung parallel der Oberfläche des Hügels, so dass ein gewölbeähnliches Bild entsteht.

Wie sich hier deutlich fluviatiles Material zu so steilböschigen Hügeln anhäufen konnte, ist schwer zu entscheiden, jedenfalls ist ausgeschlossen, dass sie durch Erosion aus einer zusammenhängenden Schotterablagerung hervorgegangen sind. Wie die Struktur zeigt, muss jeder dieser Hügel das Produkt eines individuellen Akkumulationsaktes sein, aber über die nähern Umstände, unter welchen sich diese Facies von Schmelzwasserablagerungen bildeten, lässt sich nichts Sicheres feststellen; wir werden bei der Besprechung ähnlicher Ablagerungen in der Gegend von *Trüllikon* auf dieses Thema zurückkommen (S. 80).

Erst zwischen *Stammheim* und *Nussbaumen* blieb der Gletscher zur Ablagerung einer eigentlichen Endmoräne längere Zeit stationär, ein prächtiger, fast 1 km. breiter Moränengürtel dämmt heute noch das Tal ab und hat so zur Bildung der *Nussbaumer* Seengruppe Anlass gegeben. Auf seinem weitem Rückzug hat der Gletscher 1 km. westlich *Hüttweilen* eine neue Endmoräne gebildet, so dass die Seen in einem durch Endmoränen eingeschlossenen Talstück liegen. Bei *Herdern* hat unser Gletscherlappen aufgehört, als besonderer Zweig zu figurieren; wie aus der heutigen Konfiguration des Bodens hervorgeht, muss er sich hier mit der Eiszunge des *Thurtales* vereinigt haben.

2. Die Eiszunge des Thurtales.

Als Eisstrom des *Thurtales* möchte ich den südlichsten grossen Zweig des *Rheingletschers* unseres Gebietes, südlich von *Kohlfirst* und *Stammheimerberg* bezeichnen. Die Isolierung dieser Eiszunge vom Eismeer des *Rheingletschers* kam erst beim Rückzug zu stande, als wegen der Verringerung der Mächtigkeit des Eises *Kohlfirst* und *Stammheimerberg*, die, mit Ausnahme des westlichen Teils der Deckenschotterplatte des *Kohlfirst*, bei der maximalen Ausdehnung der letzten

Eiszeit ganz vom Eise bedeckt waren, als Nunataker hervorzutauchen begannen. Aber auch damals war die Trennung nicht vollständig, wie uns soeben der Gletscherlappen des *Stammheim-Nussbaumertales* gezeigt hat.

a. Die Drumlin in der Umgebung von Andelfingen (geol. Karte Nr. 34).

Abweichend von den bis jetzt besprochenen, beim Gletscherrückzug gestreiften Gebieten, bei welchen im allgemeinen die fluvioglacialen Ablagerungen dominieren, charakterisieren die welligen Oberflächenformen das *Thurtal* in der Hauptsache als Moränenlandschaft mit untergeordneter Verbreitung der Schotterfelder. In hohem Masse gilt dies für die Gegend zwischen der *Thur* und dem *Kohlfirst*, die wir uns zunächst etwas genauer ansehen wollen.

Westlich von *Marthalen* beobachten wir eine kleine Hügelgruppe (*Guggenbühl*, *Kirchbühl*), die einer Endmoräne anzugehören scheint, in deren Zungenbecken sich das Dorf *Marthalen* angesiedelt hat. Bei näherem Zusehen zeigt sich aber, dass die scheinbare Endmoräne in einzelne Hügel aufgelöst ist, die unter sich durch niedrige Bodenschwellen verbunden sind. Die Form der einzelnen Hügel ist von auffallender Regelmässigkeit, ihre Grundrisse sind Ellipsen, deren grosse Axen parallel sind, wir können es daher der Form nach nur mit Drumlin zu tun haben. Die Modellierung dieser Hügel durch die Wassererosion der Postglacialzeit ist hier ausgeschlossen, denn auf der W-Seite ist eine ebenfalls aus der letzten Eiszeit stammende Rückzugsterrasse vorgelagert, auf welcher das erodierte Material noch deponiert sein müsste, dies ist aber nicht der Fall, die Bildung dieser Formen muss daher der Wirkung der Gletscher zuzuschreiben sein; wir haben hier vor uns, was *Penck* aus dem Gebiet des *Isargletschers* beschrieben hat: Eine Endmoränenlandschaft, die vom Eise überschritten wurde, wobei sie Rundhöckerformen erhielt¹⁾.

Viel allgemeiner verbreitet sind die in der Hauptsache aus Grundmoräne bestehenden Drumlin, die in der Regel nicht in einzelnen Reihen angeordnet sind. In diese Kategorie gehört der *Schalmenbuck* bei der Station *Marthalen*, sowie die individuenreichen Drumlinschwärme in der Umgebung von *Henggart* und *Hettlingen*.

b. Anordnung der Drumlin und Eisbewegung.

Ein Blick auf die geol. Karte Nr. 34 belehrt uns, dass die grossen Axen der Drumlin nicht radial oder speichenartig in einem Zungenbecken angeordnet

¹⁾ *Penck* und *Brückner*, Die Alpen etc., Liefg. II, S. 191.

sind, wie wir dies anderwärts beobachten können, die Verhältnisse gestalten sich hier etwas komplizierter. So streichen z. B. die Drumlin *Worbig*, *Kaibenhalden*, *Kirchbühl* und *Neuwingert* südlich von *Hettlingen* von ENE nach WSW, in der Umgebung von *Henggart* weisen sie nach NW oder NWN, bilden also einen rechten Winkel mit den genannten Drumlin, und bei *Marthalen* geht die Streichungsrichtung im allgemeinen nach W oder WSW. Eine Erklärung für diese Divergenzen gibt uns die orographische Gliederung der Molassezeugen und die dadurch bestimmte Bewegungsrichtung des Eises der letzten Vergletscherung; einige Beispiele mögen dies illustrieren.

Die erwähnten Drumlin *Worbig*, *Kaibenhalden* u. s. w. weisen mit ihren grossen Axen auf ein glaciales Tal, das gegen *Neftenbach* sich ins *Tösstal* zieht, auf dieser Bahn musste das Gletschereis abfliessen; die gleiche Richtung haben auch die Drumlin dieses Talzuges inne, sowohl südlich *Hettlingen* als auch bei *Aesch*.

Ein anderer Zweig des Gletschereises floss zwischen *Taggenberg* und *Wolfensberg* gegen *Wülflingen* ab, auch hier schmiegen sich ein paar Drumlin genau an diese Talrichtung an.

Noch instruktiver gestalten sich die Verhältnisse zwischen *Hettlingen* und *Henggart*, wo die östlichen Molasseausläufer des *Irchels* das Eis gegen N oder NW abgelenkt haben. Die Abtrennung dieses Zweiges von der Eiszunge des *Neftenbachertales* vollzog sich bereits bei der Eisenbahnstation *Hettlingen* am *Küchliberg*, einem hohen, plumpen Drumlin, der wahrscheinlich einen Molassekern birgt; die Spaltung des Gletschers hat sich den zunächst gelegenen Drumlin genau mitgeteilt. Die Individuen am W-Rand unserer Drumlinlandschaft bei *Henggart* sind unter sich nicht ganz parallel, stimmen im einzelnen in ihrer Richtung mit dem Verlauf des Molasseabhanges, dem das Eis entlang fliessen musste, genau überein, der Rebhügel *Steig* am W des Dorfes *Henggart* macht sogar eine Biegung der nahen Berghalde mit. Bei *Humlikon* zeigt der Molassehöhenzug eine Lücke, durch welche das Eis ungehindert gegen *Dorf* abfliessen konnte, der Drumlin *Aspen* weist mit seiner grossen Axe genau auf dieses Tal und verrät dadurch wieder die Bewegungsrichtung des Eises. In der Umgebung von *Marthalen* konnte der Gletscher wieder ungehindert gegen W oder SW abfliessen, dementsprechend stimmen hier die Drumlin in ihrer Richtung ziemlich genau überein.

Die beschriebene Gegend gibt uns also das seltene Bild einer Drumlinlandschaft, gebildet durch einen Eisstrom, der infolge der Konfiguration des Terrains mehrfach abgelenkt und in einzelne Zweige aufgelöst wurde, wobei die Drumlin überall die Richtung der Eisbewegung angenommen haben.

c. Schotter unter den Drumlin.

In einigen Drumlin reichen die Aufschlüsse tiefer herab als das Niveau der Fläche, auf welcher die Hügel aufgesetzt sind, so am *Schalmenbuck* bei der Station *Marthalen*. In den obern Partien der darin angelegten Kiesgrube ist eine kiesige Grundmoräne mit gut gekritzten Geschieben aufgeschlossen. In den letzten Jahren begann man die Grube zu vertiefen, wobei ein fluvioglacialer Schotter ausgebeutet wurde, der das Liegende der den Drumlin zusammensetzenden Grundmoräne bildet. Eine bestimmte Grenze zwischen beiden Ablagerungen konnte ich nicht beobachten, sie gehen unvermerkt ineinander über.

Eine analoge Beobachtung machte ich auch 0,7 km. südöstlich von *Henggart* an einem niedrigen Drumlin, der durch eine Kiesgrube aufgeschlossen ist. Diese zeigt oben 2,5 m. kiesige Grundmoräne und darunter 1,1 m. gut gerollten und geschichteten fluvioglacialen Schotter.

Ein drittes derartiges Profil bietet uns die Kiesgrube links an der Strasse von *Andelfingen* nach *Humlikon*, 1 km. südwestlich von *Andelfingen*. Unter einer lehmigen Grundmoräne ist wieder ein fluvioglacialer Schotter sichtbar. Die Grundmoräne gehört hier zwar nicht direkt einem Drumlin an, wohl aber der Moränendecke, in welcher die Drumlinlandschaft modelliert ist.

Aus drei besonders günstigen Aufschlüssen geht also hervor, dass die Grundmoräne unseres Drumlingebietes stellenweise von fluvioglacialen Kiesen unterteuft ist, und so gleichsam auf einem Schottersockel der letzten Eiszeit ruht. Leider reichen die Aufschlüsse nirgends so weit herab, um festzustellen, ob das Liegende des Kiesel von Moräne der letzten Eiszeit oder von älteren Ablagerungen gebildet ist, es lässt sich daher nicht mit Bestimmtheit entscheiden, ob der Schotter beim Herannahen der letzten Vergletscherung oder während einer Schwankung als interstadialer Schotter abgelagert wurde. In allen drei Aufschlüssen haben wir Lagerungsverhältnisse, wie sie von einem vorrückenden Gletscher gebildet werden, wie wir dies auch für die vorletzte Vergletscherung in der Kiesgrube 1 km. südlich *Buchberg* (T. A. Bl. 27) konstatieren konnten (siehe Seite 25).

d. Drumlinförmige Hügel am Hausersee und bei Trüllikon (geol. Karte Nr. 34).

Das N-Ufer des *Hausersees* wird durch den *Langenbuck* (2 km. nordwestlich *Ossingen*), einen 250 m. langen und zirka 75 m. breiten Hügel gebildet, der mit seinem elliptischen Grundriss und seiner Orientierung in der Richtung der

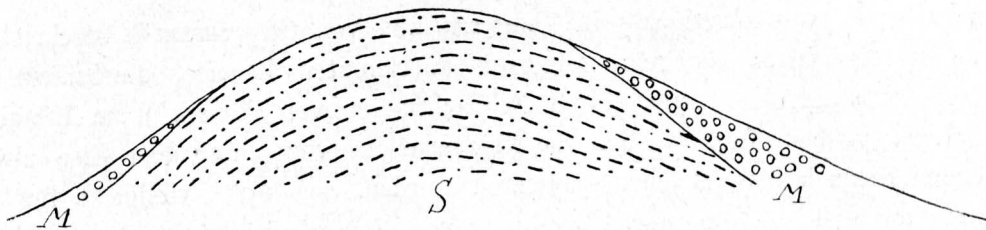


Fig. 7. Querschnitt durch den „Langenbuck“ (N—S).

M. Moräne. S. Feinkörniger, geschichteter Kies.

Eisbewegung nach seiner äussern Form als Drumlin aufgefasst werden muss. Der Hügel bildet mit seinem mageren Waldwuchs einen ganz auffallenden Gegensatz zu seiner Umgebung, die auf drei Seiten von einem Moor, auf der vierten vom See gebildet ist.

Im Anfang des Jahres 1903 wurde der Rücken zur Anlage eines Weges quer durchschnitten und damit der denkbar günstigste Aufschluss erzeugt. Das Innere zeigte einen stellenweise feinkörnigen fluvioglacialen Kies, mit beiderseits abfallender, gewölbeähnlicher Schichtung, wie wir sie bereits aus der Umgebung von *Stammheim* kennen gelernt haben. An beiden Abhängen, besonders auf der N-Seite, beobachtete ich die Anlagerung von gut gekritztem Moränenmaterial, das aber nicht bis zum Kamm des Rückens reichte.

Dieser innere Aufbau zeigt etwelche Anklänge an einen Ås (sprich Oos)¹⁾, die sich im Verbreitungsgebiet der skandinavischen Vergletscherung als wallartige Rücken, quer zum Verlaufe der Endmoränen durch das Land ziehen. Die Schichtung der Åsar ist zum Teil horizontal, mit schwacher Neigung der Schichten gegen die Abhänge, was auf nachträgliche Abrutschung des Materiales zurückgeführt wird (Ås von *Lubasz* bei *Czarnikau* in *Posen*)²⁾, zum Teil aber auch gewölbt, wie dies in *Estland* beobachtet³⁾ und aus der *Pasewalker* Gegend als „beiderseits abfallende (antiklinale) Schichtung“⁴⁾ beschrieben worden ist; mit dieser letzten Kategorie von Glacialbildungen stimmt der *Langenbuck* ziemlich gut überein. Auch die seitliche Anlagerung von Moräne wird von den Åsar in

¹⁾ Herr Prof. *Heim*, mit dem ich die Lokalität im November 1902 besuchte, hat mich zuerst auf diese Ähnlichkeit aufmerksam gemacht.

²⁾ *F. Wahnschaffe*, Über einen Grandrücken bei *Lubasz*. Jahrbuch der preuss. geol. Landesanstalt 1890, XI, S. 282.

³⁾ *Drygalsky* und *Wahnschaffe*, Zeitschrift der deutschen geologischen Gesellschaft, 1898, S. 9.

⁴⁾ *Berendt*, Åsarbildungen aus Norddeutschland. Zeitschrift der deutschen geol. Gesellschaft, 1888, S. 485.

Mecklenburg¹⁾, von Pasewalk²⁾ in Pommern und von Ostpreussen³⁾ beschrieben. Wenn die Äsar nach der heute allgemein anerkannten Theorie, die zuerst von Strandmark⁴⁾ aufgestellt und durch Beobachtungen von Nansen⁵⁾ am Inlandeis von Grönland bekräftigt wurde, als Ablagerungen von unter dem Eise zirkulierenden Schmelzwasserströmen aufgefasst werden, so dürfte vielleicht für den Langenbuck und die aus der Umgebung von Stammheim beschriebenen Hügel eine ähnliche Entstehungsart angenommen werden, soweit dies wenigstens den innern Aufbau anbetrifft.

Eine Hügelgruppe mit ähnlicher Zusammensetzung findet sich auch südwestlich von Trüllikon. In der grossen Kiesgrube am Bückli, die uns ein Profil in der Richtung von E nach W, also in der Richtung der Eisbewegung bietet, beobachten wir wieder einen gut geschichteten Kies, der nur ganz vereinzelt einige grössere eckige Gerölle führt, im übrigen aber gut geschwemmt ist, und mit Schichten von feinem Schlamm sand wechsellagert. Die Sandschichten sind in ihrem Verlauf von ungleicher Mächtigkeit, sie nehmen bald ab, bald zu. Sie streichen im allgemeinen parallel zur Oberfläche des Hügels, zeigen aber dabei stellenweise eigentümliche Knickungen, am E-Abfall sind sie sogar fast vertikal gestellt; es wird sich fragen, ob hier nicht die Stauchung durch den Gletscher etwas zu dieser Lagerung beigetragen hat. Zirka 200 m. westlich von unserem Aufschluss gibt uns die Kiesgrube am Nägelibuck senkrecht zur Bewegungsrichtung des Eises ein Profil durch den S-Abhang eines solchen Rückens. Die Kiesschichten sind hier, entsprechend der Oberfläche des Hügels, gegen S geneigt, und zeigen nur an einer Stelle eine kleinere Knickung. So hätten wir also in der Umgebung von Trüllikon eine Anzahl Hügel, die mit ihrem innern Aufbau mit den Äsar verwandt sind, nach ihrer äussern Form dagegen entsprechen sie den Drumlin; wir müssen daraus schliessen, dass der nachträgliche Vorstoss des

¹⁾ F. E. Geinitz, Über Äsar und Kames in Mecklenburg. Beitrag zur Geologie von Mecklenburg. Arch. nat. Meckl., 1886, Jahrgang 40, S. 115—124.

²⁾ Berendt, l. c. S. 485. wo die betreffende Stelle lautet: „In der Regel geht die Decke von Geschiebemergel über die niedrigen Stellen des Kieshügels fort, kriecht zuweilen und zwar beiderseits auf den Seiten des Rückens bis zu halber oder dreiviertel Höhe hinauf...“. Die gleichen Worte liessen sich auch für die Verhältnisse am Langenbuck anwenden, wenn wir hinzufügen, dass die Geschiebemergel Norddeutschlands bei uns durch Moränen ersetzt sind.

³⁾ H. Schröder, Über Durchgangszüge und -Zonen in der Uckermark und in Ostpreussen. Jahrbuch der preuss. geol. Landesanstalt für 1888, S. 166—211.

⁴⁾ P. W. Strandmark, Redogörelse för högre allmänna läroverket i Helsingborg under läsåret, 1884—85.

⁵⁾ Nansen, Auf Schneeschuhen durch Grönland. Hamburg 1891. Bd. II. Anhang, S. 451—454.

Eisstromes, dem wir die Bildung der auf Seite 78 beschriebenen Drumlinlandschaft verdanken, auch dieses Gebiet noch überschritten hat.

e. Die Endmoränen des Thurtales.

Eine Drumlinlandschaft ist an ihrem untern Ende in der Regel durch eine Endmoräne abgeschlossen; sie gibt uns an, wie weit der Vorstoss der Gletscherzunge, der wir die Modellierung der feinen Drumlinformen verdanken, gereicht hat. In unserem Falle lässt sich dieser Wall nicht genau feststellen; wo wir diesen am westlichen Stirnende der Drumlinlandschaft bei *Marthalen* und westlich von *Hettlingen* erwarten würden, sind Rückzugsterrassen angelagert, bei deren Bildung eine allfällig abgesetzte Endmoräne denudiert wurde. Nur zwischen *Uhwiesen* und *Benken* zieht sich vom *Kohlfirst* gegen den *Rhein* hin ein Stummel eines Endmoränenwalles (oder eines aus 2 Wällen bestehenden, *Trögli* und *Süssenberg*, 1 km. südlich *Uhwiesen*, geol. Karte Nr. 35 und T. A. Bl. 47), der nach seiner petrographischen Zusammensetzung — Mangel an Jurakalken und Phonolithen — sich deutlich als ein Produkt des *Thurgletschers* erweist und das Zungenbecken der Drumlinlandschaft nach W abschliesst. Ausserhalb dieser Endmoränenrudimente entbehren wir denn auch die charakteristischen Rundformen, die der Gegend innerhalb desselben ihr eigentümliches Gepräge verleihen.

Auf dem nachfolgenden Rückzug hat sich unsere Eiszunge neuerdings in einzelne Zweige aufgelöst. Ein solcher hat westlich von *Ossingen* (geol. Karte Nr. 34) einen prächtigen Endmoränenwall gebildet, der mit seiner Hufeisenform die *Heide* als Zungenbecken einschliesst. In einzelnen Partien, z. B. am *Sigelisrütibuck*, ist die Moräne so blockreich, dass darin regelrechte Steinbrüche angelegt wurden. Zwischen *Ossingen* und *Neunforn* hat diese Eiszunge verschiedene Stücke von Endmoränen zurückgelassen, ein mächtiger, heute durchbrochener Wall durchquert das Tal bei der *Langmühle*. Eine weitere Endmoräne hat 2 km. östlich von *Oberneunforn* zur Bildung des *Wilersees* Anlass gegeben.

Eine andere Eiszunge hat uns zwischen *Andelfingen* und *Gütighausen* eine prächtige glaciaie Serie hinterlassen; auf einer Distanz von 3 km. queren hier 4 deutliche Endmoränenwälle das *Thurtal*. Gegen SE lassen sie sich fortsetzen, die Wälle scharen sich dabei näher zusammen, reduzieren sich stellenweise sogar auf einen einzigen Wall, der dann in markanter Weise aus der Landschaft hervortritt. Die Fortsetzung finden wir auf der Linie *Eschlikon*, *Welsikon*, *Mörsburg*, *Bertschikon* bei *Wiesendangen*, wo die Bahnlinie *Winterthur-Romanshorn* die Moräne in einem tiefen Einschnitt durchsetzt. Wir sind hier wieder am innern Kranz der Jung-Endmoränen, die wir bereits bei *Arlen* im *Hegau*, bei

Stein a. Rh. kennen gelernt haben und wozu auch die Endmoränenwälle der Umgebung von *Stammheim* und *Ossingen* gehören. *Penck*¹⁾ hat angenommen, dass dieser Moränenkranz das Ende derjenigen Gletscherschwankung sei, der wir die Modellierung der Drumlin verdanken, da die letzteren sich innerhalb dieser Zone halten. Es trifft dies insofern nicht ganz zu, als die ganze vorhin beschriebene Drumlinlandschaft ausserhalb des fraglichen Moränengürtels liegt.

Als einzige Ausnahme erwähnt *Penck*, dass *Früh*²⁾ in seiner Karte der Drumlin im *Rheingletschergebiet* einige Drumlin bei *Seuzach*, also ausserhalb der innern Moränen verzeichne, er legt diesem Vorkommen aber keine weitere Bedeutung bei, denn *Früh* habe diese Drumlin nicht selber untersucht und er werfe bei ihrer Erwähnung die Frage auf, ob nicht manche drumlinähnliche Hügel Moränenkuppen auf hügeliger Unterlage seien. Zur Berichtigung dieser Interpretation führen wir wörtlich an, was *Früh* in Bezug auf diese „fraglichen“ Drumlin berichtet (l. c. Seite 362): „Als *Drumlinlandschaft* möchte ich auch die N 88 E streichenden Hügel im *Seuzachertale* betrachten, ein hügeliges Gelände mit den höheren Molassezeugen *Eschberg* im N und *Wolfensberg-Lindberg* im S. Es sind die Hügel *Worbig* 445 m. und *Kirchbühl* 456 m. von mir nicht kontrolliert. Im übrigen konstatierte ich überall Grundmoräne, besonders schön an den Hügeln *Neu-Wingert*, *Unter-Ohringen*, *Münzer*, *Steinbühl*, Kirche *Seuzach*.“

f. Fluvioglaciale Terrassen.

Mit dem äussersten Walle des Moränengürtels an der *Thur* ist ein breites Schotterfeld, das *Filgfeld* (407 m.) östlich von *Andelfingen*, verknüpft. Auch auf der rechten Seite der *Thur* ist dieses auf eine weite Strecke zu sehen, bei *Alten* zieht sie sich als besonderes Talstück zwischen *Guggenbühl* und *Hummenberg*, durch den letzteren vom *Thurtal* getrennt, gegen W. Hier entspricht sie in ihrem Niveau der Terrasse V, die im *Rheintal* mit der Moräne *Altbühl* bei *Langwiesen* und im *Fulachtal* mit den Endmoränen von *Biethingen* verknüpft ist und daher mit ihnen im Alter übereinstimmen muss; die Terrassenverhältnisse gestatten es also hier, die Rückzugsstadien von drei weit auseinander liegenden Eiszungen als der gleichen Periode angehörig nachzuweisen.

Ein grösseres Schotterfeld, auf welchem die Ortschaft *Ossingen* steht, ist östlich des Dorfes mit Moränen verknüpft. Westlich von *Ossingen* füllt die Terrasse das Zungenbecken des auf Seite 83 angeführten Endmoränenbogens

¹⁾ *Penck* und *Br.*, Die Alpen im Eis. etc. Liefg. 4. S. 415.

²⁾ *Früh*, J., Die Drumlinlandschaft. Berichte der st. gallischen naturw. Ges. 1894/95.

aus, der an einer Stelle von den schotterablagernden Schmelzwässern durchbrochen wurde.

Eine ausgedehnte Terrasse bildet zwischen *Flaach*, *Grüslikon* und *Dorf* ein in zwei Seitentäler verzweigtes Feld, das an mehreren Stellen aufgeschlossen ist und das Beschotterungsmaterial für die ganze Umgebung liefert. Eine Verknüpfung mit Moränen lässt sich für diese Terrasse nicht nachweisen, sie endet unvermittelt bei *Dorf* und scheint durch Schmelzwasser aufgeschüttet worden zu sein, welche durch die Lücken des *Irchels* von *Humlikon* und von *Hünikon* (geol. Karte Nr. 34) her dieses Tal als Abfluss benutzten.

g. Das Zungenbecken des innern Jung-Endmoränenkranzes.

a. Drumlin bei Islikon.

Auch im Zungenbecken der innern Moränen haben wir eine Drumlinlandschaft anzuführen, die schon von *Früh*¹⁾ erwähnt worden ist. Sie liegt nördlich der Station *Islikon* (T. A. Bl. 55) und umfasst die Hügel *Wagenstoss* 437 m., *Schür*, *Büchli* 443 m., *Riedacker* 431 m., *Fleckstein* 440 m., *Bergreben* 445 m., *Beischwinkel* 406 m. und *Häusler*, dazu kommen noch einige Hügel, denen der Gletscher nur zum Teil die Formen von Drumlin aufgedrückt hat.

Bei dieser Drumlinlandschaft imponiert uns besonders der *Fleckstein* mit seiner gewaltigen Länge (1100 m.). In einer frisch geöffneten Kiesgrube fand ich hier am 25. VI. 1905 auf der S-Seite des Aufschlusses gut gekritzte Grundmoräne, unmittelbar daran gelagert war eckiges Obermoränenmaterial, das gegen N allmählich in gut geschichtete Kiese und Sande überging; es zeigt uns dies deutlich, welch bunte Gesellschaft von Glacialablagerungen sich gelegentlich an der Zusammensetzung der Drumlin beteiligen kann.

b. Hydrographische Verhältnisse des Zungenbeckens.

Die innern Moränen des *Thurtales*, die wir von *Stammheim* bis nach *Wiesendangen* mit wenigen Unterbrüchen verfolgen konnten, haben in ganz exquisiter Weise die heutigen hydrographischen Verhältnisse beeinflusst, indem die Wälle fast überall als Wasserscheiden figurieren. Im *Stammheim-Nussbaumertal* haben sich die Schmelzwasser des zurückziehenden Gletschers hinter dem bis heute intakt gebliebenen Moränengürtel zu der idyllischen Seengruppe des *Nussbaumer*-, *Steinegger*- und *Hasensees* (T. A. Bl. 53) gestaut. Ursprünglich haben alle drei

¹⁾ *Früh, J.*, Drumlinlandschaft, S. 361.

Seen ein einziges Wasserbecken gebildet, aus welchem die Moräne mit der ehemaligen Burg *Helfenberg* als Insel hervorragte; erst während der Postglacialzeit hat die Verlandung eine Aufteilung in verschiedene Seebecken besorgt. Die Abdämmung des Tales durch die Moränen war so intensiv, dass der Seeabfluss, der *Seebach*, sich talaufwärts einen Ausweg suchen musste, um sich erst oberhalb *Frauenfeld* mit der *Thur* zu vereinigen. Man dürfte vielleicht diese Erscheinung als rückläufige Entwässerung in einem Zungenbecken benennen.

Einem ähnlichen Schicksal ist auch das Tal von *Rickenbach-Dinhard* (T. A. Bl. 55) anheimgefallen, das ebenfalls ein Zweigbecken der innern Moränen darstellt. Auch hier fließt heute der entwässernde Bach nach E, also entgegengesetzt der Bewegungsrichtung des Eises der letzten Vergletscherung; erst beim Eintritt ins eigentliche *Thurtal*, das ebenfalls als eines dieser kleinen Zweigbecken aufzufassen ist, wendet sich der Bach nach W.

Auch für die Schmelzwasser der sich zurückziehenden Eiszunge des *Thurtales* sind die innern Moränen nicht ohne Einfluss geblieben. In der Kiesgrube bei der Eisenbahnbrücke über die *Murg* bei *Frauenfeld* sind lacustroglaciale Kiese aufgeschlossen, die sich in einem durch den Moränengürtel östlich von *Andelfingen* gebildeten Stausee abgelagert haben müssen. Nach *Eberli*¹⁾ soll das so entstandene Wasserbecken eine Fläche von zirka 40 km² eingenommen haben.

Bei dem am weitesten gegen W vorgeschobenen Zungenbecken haben die Schmelzwasser den Moränengürtel durchbrochen und diesen Weg haben dann in der Postglacialzeit die Gewässer des vom *Alpeingletscher* geräumten *Thurtales* eingeschlagen.

3. Moränen und fluvioglaciale Terrassen im untern Tösstal und in der Umgebung von Winterthur.

a. Die Embracherterrasse.

a. Quellen.

Während wir im untern *Tösstal* für den maximalen Stand des Gletschers nur ganz dürftige Anhaltspunkte feststellen konnten, lässt sich für die Zeit des Gletscherrückzuges aus den Ablagerungen ein ganz leidliches Bild rekonstruieren, denn hier ist es, wie in der Umgebung von *Schaffhausen*, in ausgiebiger Weise

¹⁾ *Eberli, J.*, Aus der Geologie des Kantons Thurgau. Mitteilungen der thurg. naturf. Gesellschaft, XIV. Heft, 1900, S. 75.

zur Anlage von Schotterfeldern gekommen, welche ausgezeichnete Dienste für die Trennung der einzelnen Rückzugsstadien leisten können.

Die höchste Rückzugsterrasse bildet bei *Embrach* eine weite Ebene (T. A. Bl. 41). Der zirka 20 m. mächtige Terrassenkies wirkt als ausgezeichneter Quellensammler, wie überhaupt hier die Verhältnisse für Quellenbildung ungemein günstig sind. Die Terrasse steigt gegen S ziemlich stark an, das Gleiche wird auch für die aus wasserundurchlässiger Molasse bestehende Sohle der Fall sein, was einen nach N oder NW gerichteten Grundwasserstrom erzeugen muss. Quer zu dieser Strömungsrichtung hat sich nun die *Töss* eingeschnitten, so dass an deren linkem Talabhang auf dem Kontakt zwischen Molasse und Terrassenkies der ganze Grundwasserstrom zu Tage tritt. So reiht sich denn am N-Rand der *Embracherterrasse* bei *Rorbas* Quelle an Quelle, teils frei laufend, teils zur Speisung von Brunnen, für Industrie oder Beleuchtung gefasst.

b. Verknüpfung mit Moränen bei Dättlikon und Brütten.

Die *Embracherterrasse* bildet auf der rechten Seite der *Töss* die 420 bis 430 m. hoch gelegene Gehängestufe im *Grüt* zwischen *Freienstein* und *Dättlikon*. 0,5 km. westlich von *Dättlikon* quert als *Steinler* der Rest einer Endmoräne das *Tösstal*. Auf der W-Seite ist der Moräne ein Terrassenfetzen vorgelagert, es ist der Übergangskegel der *Embracherterrasse*, die im *Tösstal* an dieser Moräne ihr oberes Ende erreicht; wir finden sie denn auch flussaufwärts nirgends wieder.

Der Hauptzweig der Terrasse entfernt sich vom *Tösstal* und bildet südlich von *Embrach* die bereits erwähnte Ebene bis nach *Lufingen* und *Ober-Embrach*, und steigt dabei progressiv an, wie die folgenden Zahlen zeigen:

1. *Teufen* (414 m.) — Station *Embrach-Rorbas* (426 m.) . . . 2,7 ‰.
2. Station *Embrach-Rorbas* — *Unter-Embrach* 3 ‰.
3. *Unter-Embrach* — *Lufingen* (Kiesgrube 446 m.) 11 ‰.

Aus dem starken Ansteigen der Terrasse gegen S müssen wir schliessen, dass sie von dieser Richtung her aufgeschüttet worden sein muss, aber woher? Eine Endmoräne ist hier nicht vorhanden, die Terrasse endigt unvermittelt an einigen Bachtobeln. Steigen wir von *Ober-Embrach* durch eines dieser Täler über *Madlikon* und *Stürzikon* empor, so sehen wir es auf der Hochebene an einer Endmoräne des Linthgletschers endigen, die sich von *Brütten* südwestlich gegen *Oberwil* zieht. Der Wall, der in mehreren Kiesgruben aufgeschlossen ist, zeichnet sich besonders durch seinen Gehalt an zahlreichen Blöcken von mio-cäner Nagelfluh (Speernagelfluh) aus. In einer Grube 1 km. westlich *Brütten* zählte ich am 21. VI. 1905 nicht weniger als acht gut geschliffene, mehr als

q schwere Nagelfluhblöcke, die verdienen würden, in einer Sammlung aufgestellt zu werden. Am gleichen Orte beobachtete ich einen meterlangen Block von eocänem Nummulitenkalk, auf dessen geschliffener Oberfläche die Querschnitte der Nummuliten sehr gut sichtbar waren.

Wir müssen annehmen, dass die Schmelzwasser dieser Endmoräne, die auch bei *Augwil*, nördlich von *Lufingen*, entwickelt ist, sich durch die Täler gegen *Lufingen* und *Ober-Embrach* ergossen haben, um dann unten im Tal, wo das Gefälle geringer war, den nach S gerichteten Zweig der *Embracherterrasse* aufzuschütten. Die Wasserader des *Tösstales* wurde also damals sowohl vom Saum des Rheingletschers bei *Dättlikon*, als vom Ende des Linthgletschers bei *Brütten* gespiesen.

c. Beziehungen der Terrasse zu *Rafzerfeld* und *Glatttal*.

Flussabwärts gehört zur *Embracherterrasse* die Ebene bei *Teufen*, auf der linken Seite der *Töss* die *Breite* bei der *Tössmündung* (T. A. Bl. 40). Im Knie des *Rheines* bildet sie die *Murkatzelg*, und stimmt dann südlich *Eglisau* mit der Terrasse im *Gländ* (398 m.) zwischen *Rheinsberg* und *Hiltenberg*, auf der rechten *Rheinseite* bei der Station *Hüntwangen-Wil* (396 m.) mit der tieferen Terrasse des *Rafzerfeldes* in ihrem Niveau überein. Die Terrassen der maximalen Ausdehnung der letzten Vergletscherung liegen höher als unser Schotterfeld, sowohl diejenige des Rheingletschers im *Rafzerfeld* als diejenige des Linthgletschers südlich von *Eglisau*, ein 8—10 m. hoher Terrassenrand bildet überall eine scharfe Grenze. Die *Embracherterrasse* erweist sich damit als Rückzugsterrasse, obwohl sie das höchste Schotterfeld des *Tösstales* darstellt, sie wurde abgelagert zu einer Zeit, als das *Rafzerfeld* und das *Eglisauer Glatttal* (siehe Seit 61) als Abflussrinnen bereits ausgeschaltet waren.

b. Die Winterthurerterrasse.

In der Umgebung von *Pfungen* ist eine zweite Rückzugsterrasse ausgebildet, sie trägt in einem Niveau von 416 m. die Station *Pfungen*. Flussabwärts begegnen wir einzelnen Fetzen der Terrasse im *Eich* (415 m.) 0,7 km. westlich von *Pfungen*, im *Wiler* bei *Rorbas* (400 m.) *Kühlbrunnen* 0,11 km. südöstlich der *Tössmündung* (394 m.). Am *Rhein* entspricht ihr die Terrasse von *Tössriedern* (386 m.), die sich ununterbrochen über *Seglingen* bis zum *Mauerfeld* bei der Station *Eglisau* (geol. Karte Nr. 36) verfolgen lässt.

Östlich von *Pfungen* teilt sich die *Winterthurerterrasse* in zwei Arme. Der eine zieht sich als typisches Trockental, dessen Sohle von einem ziemlich fein-

körnigen Schotter gebildet ist, über *Neftenbach* gegen *Hettlingen* (geol. Karte Nr. 34) und endigt in einer Drumlinlandschaft nahe an einem Endmoränenzug. Der andere Zweig der Terrasse zieht sich östlich, bildet das *Hard* und trägt die Ortschaft *Wülflingen*. Hier entfernt sich das Schotterfeld vom Fluss und bildet die Sohle eines zirka 1 km. breiten Trockentales, das wir über *Veltheim* nach *Winterthur* verfolgen können, wo die Breite nahezu auf 2 km. angeschwollen ist. In der Umgebung der Stadt, welche fast ganz auf dieser Terrasse angelegt ist, beläuft sich die Mächtigkeit des fluvioglacialen Kiesel bis auf 25 m., wie es sich bei der Anlage von Sodbrunnen ergeben hat¹⁾. In den untern Schichten der Kiesgrube in der Nähe der Tösstalbahnhofstation *Gräze* beobachtete ich gut gekritzte Geschiebe, die vom Gletscher an Ort und Stelle abgelagert wurden, während die obern Lagen die Spuren eines längeren Wassertransportes tragen; wir haben hier die Ablagerungen eines sich zurückziehenden Gletschers.

Östlich von *Winterthur* teilt sich die Terrasse neuerdings, der breiteste Zweig wendet sich gegen *Wiesendangen* und ist hier auf einer Strecke von 3—4 km. mit einem mächtigen Endmoränenwall verknüpft, dessen einzelne Punkte *Breitenloo*, *Eggwald*, *Schönbühl*, *Mörsburg* heissen (T. A. Bl. 66)¹⁾, wir haben hier ein Stück des innern Moränenkranzes (siehe Seite 83) der Eiszunge des *Thurtales*.

c. Das Elggertal.

Beim Schloss *Hegi* lässt sich die *Winterthurerterrasse* auch in das Tal von *Elgg* verfolgen und bildet dessen Sohle, auf welcher bis nach *Aadorf* die Bahnlinie *Winterthur-St. Gallen* angelegt ist. Bei *Elgg* beginnt sich der Talboden zu einem typischen Schotterfeld auszubreiten und steigt dann zu einem prächtigen Endmoränenwall an, der sich von *Aadorf* über den *Egghof* bis nach *Hüslenen* bei *Hagenbuch* (T. A. Bl. 69) zieht und auf einer Strecke von 2 km. mit der Terrasse verknüpft ist. Wieder ein Stück des innern Jung-Endmoränenkranzes, und zwar einer Eiszunge, welche das Tal zwischen *Immenberg* und *Schauenberg* okkupierte, also auch ein Stück des *Thurlappens* darstellt. Überschreiten wir den Moränenwall, so eröffnet sich uns ein weites Zungenbecken, durch welches die *Murg* ihre Wasser dahinwälzt.

In der Kiesgrube an der Landstrasse von *Aadorf* nach *Wängi* ist die Endmoräne gut aufgeschlossen. Unter 2—3 m. Moränenmaterial lagert hier eine zirka 10 m. mächtige Schicht von fluvioglacialem Kies, darunter folgt eine ebenso

¹⁾ Siehe auch *J. Weber*, Geologische Karte von Wiesendangen. Mitt. der naturf. Ges. Winterthur, Heft 5, 1906.

mächtige Schicht von fluvioglacialem Schotter mit Deltaschichtung, abgelagert in einem See mit einem Wasserniveau von zirka 550 m., ich vermochte auf einigen flüchtigen Exkursionen durch jene Gegend nicht zu entscheiden, in welche Zeit die Bildung dieses Deltas zu verlegen sei.

Die Gefällsverhältnisse des *Elggertales* und dessen Fortsetzung, die *Winterthurerterrasse*, zeigen folgende Werte:

<i>Aadorf</i> — <i>Fennetzelg</i> (1 km. nordöstlich <i>Elgg</i>)	= 7 ‰
<i>Fennetzelg</i> — Station <i>Grüze</i>	= 6 ‰
Station <i>Grüze</i> — Station <i>Pfungen</i>	= 5,3 ‰
Station <i>Pfungen</i> — <i>Wiler</i> bei <i>Rorbas</i>	= 3 ‰
<i>Wiler</i> — <i>Tössriedern</i>	= 3,5 ‰

d. Die Moränen bei Seen.

Der dritte Zweig der *Winterthurerterrasse* wendet sich von *Winterthur* südöstlich gegen *Seen*, um hier in eine Moränenlandschaft überzugehen. *Weber*¹⁾ hat die grundmoränenreiche Umgebung von *Seen* als Drumlinlandschaft beschrieben, nach meiner Ansicht verdient nur der *Schützenbühl* (507 m.) (T. A. Bl. 68) den Namen Drumlin, den andern Hügeln geht eine strenge Orientierung in der Richtung der Eisbewegung ab, so dass zwar etwelche Anklänge an eine Drumlinlandschaft sich nicht leugnen lassen, aber so typische Formen wie wir sie anderwärts zu sehen gewohnt sind, sind hier nicht vorhanden.

Südwestlich von *Seen* folgen dann bei *Gotzenwil* zwei kleine Endmoränen und dahinter der mächtige Wall von *Iberg*, der das Tal von *Seen* gegen SE gänzlich abschliesst. Nach ihrem Gehalt an Melaphyren und Tavayannazsandsteinen sind die Moränen von *Seen* und *Iberg* vom Linthgletscher abgelagert worden; von ihm müssen also die Schmelzwasser stammen, welche von hier aus sich gegen *Winterthur* ergossen und dabei die Terrasse von *Seen* aufschütteten.

Aus der Übereinstimmung der Sohlenhöhe der Täler von *Wiesendangen*, *Elgg* und *Seen* müssen wir schliessen, dass zur Zeit der Ablagerung der innern Moränen die weite Ebene von *Winterthur* der Sammelplatz von drei grösseren Schmelzwasserströmen war, von denen zwei am Saume des Rheingletschers und einer am Rande des Linthgletschers seinen Lauf begann. Gemeinsam wälzten sich die trüben Fluten über *Veltheim*, *Wülf-*

¹⁾ J. Weber, Eröffnungsrede zur 87. Jahresversammlung der schweiz. naturf. Gesellschaft 1904, S. 5.

lingen und von da in der Richtung der Töss, bei Neftenbach noch verstärkt durch eine Wasserader aus der Gegend von Hettlingen, talabwärts, um sich mit dem Gletscherstrom des Rheintales zu vereinigen, gewiss ein eigenartiges Bild, besonders wenn wir die heutigen Abflussverhältnisse damit in Parallele setzen.

e. Das Kempttal.

0,8 km. südlich von Wülflingen trennt sich von der Winterthurerterrasse mit einem ungefähr gleichen Niveau in südöstlicher Richtung ein neues Schotterfeld ab, in welches die Töss ihr Bett eingegraben hat. Beim Dorfe Töss breitet sich die Terrasse zum Tösserfeld aus, das gegen Winterthur hin mit der Winterthurerterrasse neuerdings in Verbindung steht, wenigstens so weit dies die Oberfläche betrifft. Der Terrassenkies ist aber an der Verbindungsstelle nur dünn, wie bei der Sulzerschen Giesserei festgestellt werden konnte¹⁾, so dass wir hier zwischen Brühl und Heiligenberg (T. A. Bl. 65) einen bis nahezu an die Terrassenoberfläche reichenden Molasseriegel oder -Hügel annehmen müssen. Im Gerölle der Tössfelderterrasse fand man bei der Sulzerschen Giesserei das Bruchstück eines grossen Stosszahnes von *Elephas primigenius* (Mammuth), einen Backenzahn dieses Tieres besitzt das Winterthurer Museum auch aus dem Schotter der Winterthurerterrasse bei der Schleife, im südöstlichen Teil der Stadt²⁾.

1,7 km. südlich von Töss teilt sich unsere Terrasse am Gühols (T. A. Bl. 67) einem Molassesporn, der von der Eisenbahnlinie Winterthur-Zürich durchschnitten wird, in zwei Zweige, sehen wir uns zunächst den direkt südlich verlaufenden Arm, das Kempttal, genauer an. Dieses erregt schon an seiner Vereinigung mit dem Tössstal mit seinem nahezu 100 m. breiten, von steilen Molasseabhängen eingefassten Talboden, der nur zum Teil von der Kempt eingenommen wird, durchaus nicht den Eindruck, dass es vom heutigen Flösschen in diese Form gebracht wurde. Mit ungefähr gleicher Breite und einem Gefälle von 6—11 ‰ zieht sich unser Talboden über Kempttal, Talmühle, Unter-Illnau, um dann in der Umgebung von Fehraltorf zu einer 2 km. breiten, von fluvio-glacialen Schottern eingenommenen Ebene anzuschwellen, die nach oben durch die von Weber³⁾ als „seestauende Glacialablagerungen“ beschriebenen Moränen abgeschlossen wird. Zunächst kommt ein niedriger Endmoränenwall beim Speck,

¹⁾ Mitteilung von Herrn Prof. Dr. Albert Heim.

²⁾ Rob. Keller, Aus der Urzeit Winterthurs in Heimatkunde von Winterthur und Umgebung. Winterthur 1887. S. 21.

³⁾ Jul. Weber, Beiträge zur Geologie der Umgebung des Pfäffikersees. Mitteilungen der naturwissenschaftl. Gesellsch. in Winterthur 1901, S. 166.

1,7 km. südöstlich *Fehraltorf* (T. A. Bl. 211), dann folgt ein weiterer undeutlicher Wall mit den Punkten *Brandrüti*, *Ruine* (552 m.) und *Kotzenweid* (465 m.) und zuletzt der Moränenzug, der sich von der *Hochweid* (555 m.) über die *Schanz* (552 m.) gegen *Pfäffikon* zieht und damit den nördlichen Abschluss des *Pfäffikerseebeckens* bildet. Die beiden äussern dieser drei Moränenwälle sind durchbrochen, und durch ihre Lücken setzt sich die fluvioglaciale Terrasse gegen *Illnau* fort, es müssen deshalb während der Ablagerung von allen drei Endmoränen die Schmelzwasser dieser Eiszunge ihren Weg durch das *Kempttal* genommen haben und ihm ungefähr die heutige Gestalt gegeben haben, wenn wir von postglacialen Lehmaufschüttungen und Moorbildungen, wie sie in erloschenen Tälern überall auftreten, absehen.

Von den Moränen bei *Pfäffikon*, die wir wohl als ein Stück des innern Moränenkranzes des Linthgletschers auffassen dürfen, hat sich der Gletscher rasch zurückgezogen und in dem eisfrei werdenden Zungenbecken haben sich die Schmelzwasser zu einem Wasserbecken gestaut, das seither auf den Umfang des heutigen *Pfäffikersees* reduziert wurde. Wie bei den Zweigbecken des *Thurtales*, so war auch hier die Abdämmung durch die Moränen so intensiv, dass der Seeabfluss sich talaufwärts einen Ausweg suchen musste, um erst bei *Unter-Wetzikon* gegen NW, d. h. der allgemeinen Talrichtung umzubiegen.

f. Die Täler von Bichelsee und Littenheid.

Der zweite Zweig der *Tössfelderterrasse* lässt sich als Sohle des heutigen *Tösstales* talaufwärts verfolgen. Bei *Turbental* trennt sich davon ein neues Trockental ab, das sich über *Neubrunn*, *Bichelsee* bis nach *Dussnang* zieht. Nach *Eberli*¹⁾ soll sich dieses Tal bis nach *Rickenbach* bei *Wil* (*St. Gallen*) fortsetzen und als altes *Thurtal* aufzufassen sein.

Wir werden nicht stark fehlgehen können, wenn wir auch dieses Tal als glaciale Abflussrinne auffassen. Bei näherem Zusehen löst sie sich sogar in zwei Täler auf, deren Sohlen nahezu 30 m. Höhendifferenz aufweisen und schon deshalb nicht als zusammenhängender Talweg qualifiziert werden können.

Das erste der beiden Talstücke reicht von *Turbental* bis *Dussnang* (T. A. Bl. 71) und zeigt eine durch mehrere Schuttkegel an mehreren Stellen abgedämmte Talsohle, was zur Bildung von kleinen Wasserbecken Anlass gegeben hat. Der *Bichelsee* ist davon noch der einzige Überrest, die übrigen Seen sind

¹⁾ J. Eberli, Eine Flussablenkung in der Ostschweiz. Sep. Abdr. aus der Vierteljahrschrift der naturf. Ges. in Zürich. 38. Jahrg. 1893. S. 7.

zum Teil noch in historischer Zeit zu Torfmooren aufgewachsen. Die Höhe des heutigen Talbodens ist zwischen *Turbental* und *Oberhofen* 581 m., in der Umgebung von *Bichelsee* 590—595 m., bei *Dussnang* 595 m. Hier scheint das erste Talstück zu Ende zu sein, eine Verknüpfung mit einer Moräne lässt sich zwar nicht beobachten, die *Murg* hat hier wahrscheinlich mit den Glacialablagerungen aufgeräumt, dagegen haben wir ungefähr auf gleicher Höhe zwischen *Sirnach* und *Eschlikon* zwei deutliche Moränenwälle, die uns wahrscheinlich noch ein Stück jenes Rückzugsstadiums darstellen, das seine Schmelzwasser über *Bichelsee* dem *Tösstal* zusandte.

Das zweite Talstück zeigt bei *Anwil* 2 km. südwestlich *Sirnach* eine Sohlenhöhe von 566 m., beim *Egelsee* bei *Littenheid*, wo überall Torfmoore den Talboden erhöht haben 570 m. (T. A. Bl. 72), dann endigt das Tal mit einem Schotterfeld an der von *Eberli* für die Ablenkung der *Thur* verantwortlich gemachten Moräne mit den Punkten *Kochbühl* 569 m., *Vogelherd* 589 m. bei *Rickenbach* und guten Moränenaufschlüssen bei *Wilen*. Von diesem Endmoränenwall mussten die Schmelzwasser durch unser Tal über *Littenheid*, *Anwil* abgeflossen sein, um von hier ihren Weg am innern Rand der genannten Moränen gegen *Sirnach* und durch das tiefe Zungenbecken bei *Wängi* gegen *Frauenfeld* zu nehmen, die *Murg* ist heute ein bei *Anwil* einmündender Zufluss dieses Tales und benutzt es bis nach *Frauenfeld* als Abflussrinne. Auch

g. das Tösstal oberhalb Turbental

stellt uns eine Schmelzwasserrinne dar. Diese fällt bis nach *Steg* mit dem Laufe der heutigen *Töss* zusammen. Von hier setzt sich das glaciale Tal über *Fischental* bis gegen *Gibswil* fort, um hier mit verwaschenen Endmoränen eines von S her vorgedrungenen Lappens des Rhein-Linthgletschers zu endigen¹⁾. Die *Töss* dagegen benutzt von *Steg* an bis zur Quelle am *Tössstock* ein schmales Wildbachtal, wir können daher die *Töss* gleichsam als einen Nebenfluss der bei *Gibswil* beginnenden Schmelzwasserrinne qualifizieren.

h. Zwei weitere Talstücke in der Umgebung von Winterthur

scheinen uns ebenfalls Reste von glacialen Abflussrinnen der letzten Eiszeit zu repräsentieren. Das erste Talstück beginnt bei der *Steigmühle* 1 km. südlich von *Töss* und zieht sich über *Dättlau*, *Neuburg*, um sich bei *Pfungen* wieder mit

¹⁾ Siehe auch *J. Früh*, Zur Bildung des Tösstales. *Eclog. geol. helv.* 1907, Vol. IX, Nr. 3, S. 388.

dem *Tösstal* zu vereinigen (T. A. Bl. 65). Die Talsohle liegt bei *Dätttau* zirka 490 m. hoch, d. h. zirka 50 m. höher als das benachbarte *Kempttal*, bei *Wülflingen* auch zirka 50 m. höher als die *Winterthurerterrasse*, das Tal muss daher älter sein als die entsprechenden Rückzugsstadien von *Pfäffikon* und *Wiesendangen*.

Als zweites Beispiel sei der zirka 1 km. lange Talstorso zwischen den Molassebergen von *Alt-* und *Hoch-Wülflingen* 1,3 km. südlich vom Dorf *Wülflingen* (T. A. Bl. 65) erwähnt. Auch hier ist eine zirka 100 m. breite, ebene Talsohle ohne jegliche Wasserader von schroffen Molasseabhängen eingerahmt und entspricht nach seinem Charakter ganz den glacialen Abflussrinnen, eine Zuteilung zu einem Rückzugsstadium ist aber auch hier nicht möglich, es kann nur nachgewiesen werden, dass die Talsohle (494 m.) 65 m. höher liegt als das *Tössfeld* und deshalb älter ist als dieses.

So hätten wir denn in der Umgebung von *Winterthur* eine Reihe von Tälern, die während einzelnen Rückzugsetappen der letzten Eiszeit von grösseren Schmelzwasserströmen belebt waren. Mit dem sukzessiven Rückzug des Gletschers sind diese Wasseradern erloschen, zuerst wurden die beiden vorhin besprochenen Talstücke von *Dätttau* und *Hoch-Wülflingen* ausgeschaltet. Als der Rheingletscher seine Eismassen aus der Gegend von *Wiesendangen* und *Aadorf* und der Linthgletscher von *Seen* zurückzog, haben die bei *Winterthur* sich vereinigenden Schmelzwasserströme zu existieren aufgehört und mit dem Rückzug des Rheingletschers von *Sirnach-Dussnang* und dem Linthgletscher von *Pfäffikon* und dem obern *Tösstal* sind auch die letzten Schmelzwasserströme noch erloschen.

4. Die Eiszunge des Glatttales.

a. Die Trockenlegung einzelner Täler beim Rückzug des Gletschers.

Viel einfacher als in den bis jetzt besprochenen Gebieten gestalten sich die Verhältnisse beim Rückzug des Linthgletschers im *Glatttal*. Wir haben schon darauf hingewiesen, dass hier beim maximalen Stand der letzten Vergletscherung ein gut hervortretender Wall gebildet wurde, der auf weite Strecken hin heute noch als Wasserscheide figuriert und schon die Schmelzwasser des sich zurückziehenden Gletschers in ganz intensiver Weise beeinflusst haben muss. Sie haben

nur 2 km. südöstlich *Glattfelden* vermocht, den Wall zu durchbrechen und so eine Talfurche zu graben, die jetzt noch von der *Glatt* benutzt wird. An den andern Stellen dagegen sind die Endmoränen mit den angeschlossenen Schotterfeldern intakt geblieben, mit dem Rückzug des Gletschers von seinem maximalen Stand sind daher die bei der Aufschüttung der Endmoräne abfließenden Gletscherbäche mit Ausnahme des erwähnten Durchbruches der *Glatt* erloschen und so sind das *Eglisauer-Glatttal*, das *Windlacher-* und *Surbtal* (*Niederwöningertal*), sowie die drei kleineren auf Seite 62 angeführten Tälchen um ihre Wasseradern gekommen. In den eisfrei gewordenen Zungenbecken haben sich die dem zurückweichenden Gletscherende entströmenden Schmelzwasser infolge des Moränenabschlusses gestaut. Innerhalb der Endmoränen des *Windlachertales* haben wir jetzt noch drei kleine Seen, den *Stadler-*, *Neeracher-* und *Kernensee* und ein grosses Moor zwischen *Neerach* und *Nöschikon* als letzte Überreste eines ursprünglich grösseren Stausees.

Der Abfluss dieses abgedämmten Talstückes fliesst zirka 2 km. weit nach S, also gerade entgegengesetzt der Bewegungsrichtung des Eises, wir haben hier ein typisches Beispiel von talaufwärts gerichteter Entwässerung in einem Zungenbecken.

Ganz ähnlich sind die Abflussverhältnisse bei *Steinmaur*. Auch hier haben die hufeisenförmigen Moränenwälle die Gewässer des Zungenbeckens genötigt, gegen E zur *Glatt* einen Abfluss zu suchen; dass übrigens auch hier die Seengebilde nicht ausgeblieben ist, dafür sprechen uns die Flurnamen *Seewiesen* 1,5 km. südwestlich *Ober-Steinmaur*, und *Weiberbrunnen* 1 km. südöstlich von *Nieder-Steinmaur*.

b. Spätere Rückzugsstadien.

Als wichtigste Rückzugsetappe des Linthgletschers im untern *Glatttal* erwähnen wir besonders die Endmoräne, die sich von *Winkel* (südlich von *Bülach*, T. A. Bl. 41) gegen *Höri* zieht. 1 km. südwestlich von *Bachenbülach* ist in dieser Moräne ein Muschelsandsteinbruch angelegt, die Endmoräne entpuppt sich hier als mit Moränenmaterial bedeckte Rippe von mariner Molasse, die sonst im Talboden des *Glatttales* weit und breit nirgends ansteht. *Mösch*¹⁾ beobachtete hier auf dem Muschelsandstein einen ausgezeichneten Gletscherschliff, jetzt ist derselbe fast ganz verwittert und neue Abräumungen sind seit einigen Jahrzehnten nicht mehr gemacht worden.

¹⁾ *Mösch, C.*, Beiträge zur geol. Karte der Schweiz, Liefg. 4, 1867, S. 249.

Dem gleichen Rückzugsstadium gehört wahrscheinlich auch die auf Seite 87 besprochene Endmoräne auf der Linie *Augwil-Oberwil-Brütten*, die ihre Schmelzwasser gegen *Embrach* ins *Tösstal* gesandt hat.

Im Zungenbecken unserer Endmoräne beobachtete ich einige in ihrer Form an Drumlin erinnernde Hügel, z. B. im *obern Bückli* (431 m.), 0,5 km. nordöstlich *Niederglatt* (T. A. Bl. 40) und *Langenrain* (445 m.), 1 km. nördlich *Oberglatt* (T. A. Bl. 43), die dazwischen gelegene Hügelgruppe *Forbuck-Langstrich* muss als Rest einer Endmoräne aufgefasst werden, um ihr auszuweichen, macht dort die *Glatt* heute noch ein scharfes Knie gegen SW. Auch innerhalb der Endmoräne von *Brütten* finden wir Drumlin, und zwar eine typische, schon von *Früh* beschriebene Drumlinlandschaft der Gegend von *Lindau-Effretikon*¹⁾.

Oberhalb *Niederglatt* hat der sich zurückziehende Gletscher den Talboden des *Glatttales* mit einer Grundmoränenschicht überkleistert, die sich bei einer resultatlosen Brunnenbohrung in *Glattbrugg* als mindestens 15 m. mächtig erwies. Die Undurchlässigkeit dieser Grundmoräne im Verein mit dem geringen Gefälle der *Glatt* ist es zuzuschreiben, dass heute ein grosser Teil des *Glatttales* von *Niederglatt* bis zum *Greifensee* von moorigen Flächen eingenommen ist.

Eine weitere Etappe des Gletscherrückzuges ist uns durch die niedrige Endmoräne von *Oberhausen-Giebeleich* (bei *Glattbrugg*)-*Hohenstiegn* (bei *Seebach*) (T. A. Bl. 159) gekennzeichnet.

Im *Bassersdorf-Klotenertal*, das vom eigentlichen *Glatttal* durch ein aus Hochterrassenschotter gebildetes und mit jüngeren Moränen bedecktes Plateau getrennt ist, entspricht diesem Rückzugsstadium eine niedrige Moräne bei *Dietlikon-Eichmühle-Balterswil*, die davon abfliessenden Gletscherwasser haben ein heute noch gut erhaltenes Schotterfeld mit den Ortschaften *Kloten* und *Bassersdorf* aufgeschüttet, um sich zwischen *Kloten* und *Rümlang* mit den Schmelzwässern des eigentlichen *Glatttales* zu vereinigen.

Noch viel wichtiger ist der schon von *A. Escher* beschriebene Moränenwall, „der sich am N-Rand des *Greifensees*, hie und da mit kleinen Unterbrechungen, in Gestalt einer schroffen, aus der dortigen Torfebene aufsteigenden Hügelreihe aus der dortigen Gegend von *Hegnau* und *Gfenn* gegen die *Glattbrücke* bei *Dübendorf* erstreckt, und zu dem auch die Blockstriche und Moränenwälle am *Zürichberg* bei *Fällanden* gehören²⁾. Wir haben hier ohne Zweifel wieder ein Stück des innern Kranzes der Jung-Endmoränen, den wir schon an verschiedenen Stellen aufgefunden haben.

¹⁾ J. Früh, Die Drumlinlandschaft, S. 366.

²⁾ A. Wettstein, Geologie von Zürich und Umgebung 1885, S. 24.

Schlussbetrachtung.

Wir haben damit die Gletscher in allen Tälern bis über die Schwelle unseres Gebietes verfolgt. Die näher gegen die Alpen gelegenen Gebiete waren freilich noch lange Zeit vom Eise bedeckt, denn nur langsam, etappenweise hat der Gletscher seine Eismassen zurückgezogen; *Bühl*-, *Geschnitz*- und *Daunstadium* bezeichnen uns längere Ruhepausen des allgemeinen Rückzuges, die sogar nach *Schulz*¹⁾ durch Perioden intensiven Schwindens der Gletscher bis auf die heutige Ausdehnung und nachherigen Vorstossens unterbrochen worden sein sollen. Diese Stadien sind aber ohne Belang für unsere Gegend, ihre Geschiebe waren damals schon vom Eise unabhängig, für sie war bereits die Postglacialzeit angebrochen.

Trostlos und öde muss es unmittelbar nach dem Rückzug des Eises bei uns ausgesehen haben. Kahle Molasserücken und mit Moränenschutt bedeckte Bergabhänge waren die herrschenden Formen der Landschaft und in den Tälern hätten ausgedehnte Geröllflächen, die ehemaligen Operationsfelder der Schmelzwasserbäche, unser Auge ermüden müssen. In dieser unwirtlichen Übergangsperiode haben im *Kesslerloch* bei *Thayngen* an einer eben erloschenen Schmelzwasserströmung die ersten primitiven Menschen die Fahne des Lebens aufgepflanzt, zu einer Zeit, als noch Mammut und Rentier an das scheidende Zeitalter der diluvialen Vergletscherung erinnerten.

¹⁾ A. Schulz, Das Schicksal der Alpenvergletscherung nach dem Höhepunkt der letzten Eiszeit. Zentralblatt für Min., Geol. und Pal. 1904, S. 266—275.

F. Postglacialzeit.

I. Der postglaciale Löss bei Andelfingen.

Im Sommer 1902 beobachtete ich auf dem *Mühleberg* bei *Andelfingen* (geol. Karte Nr. 34) einen Aufschluss von einem feinen Sand, der in jener Gegend den Namen „Elbsand“ trägt. Trotz mehrmaliger Begehung jenes Areales konnte ich mir lange keine Gewissheit über die Natur jener Ablagerung verschaffen. Im Juli desselben Jahres besuchte ich den Aufschluss neuerdings mit Herrn Dr. *Rollier*. Es war damals kurz vorher ein heftiger Platzregen gefallen und hatte eine Reihe von kleinen Petrefakten ausgeschlemmt, in welchen Herr Dr. *Rollier* Lössschnecken erkannte; es musste also hier Löss vorliegen.

In unserem Aufschluss fehlt dem Löss die Moränenbedeckung vollständig und auch auf dem frisch gepflügten Acker, der über jene Stelle weggeht, beobachtete ich kein erratisches Material. Die Oberfläche des Eises der letzten Vergletscherung ging hoch über den *Mühleberg* weg, das Plateau zwischen *Andelfingen* und *Henggart*, das ungefähr auf gleicher Höhe liegt, ist denn auch mit einem dicken Mantel von Moräne überkleistert. Hätten wir einen interglacialen Löss, so müsste auch er mit Moränenmaterial überstreut sein, was nicht der Fall ist. Der Mangel an Moränenbedeckung lässt sich nur erklären, indem wir annehmen, dass die Ablagerung des Lösses in die Postglacialzeit falle.

Erst später gelang es mir, auch das Liegende des Sandes festzustellen. Im März 1903 beobachtete ich unter dem Löss deutliche Aufschlüsse von Grundmoräne der letzten Vergletscherung, und diese liegt dann auf der obern Süsswassermolasse. Nach freundlicher Mitteilung von Herrn Sekundarlehrer *Gubler* in *Andelfingen* wurde im Jahre 1896 beim Bau des Wasserreservoirs Grundmoräne als Liegendes des Lösses festgestellt. Ende März 1903 wurden durch die Lössfundstelle zwei 2—2,5 m. tiefe Gräben gezogen, die zur Verlegung der Wasserleitung dienten. Auf der Ostseite waren die Gräben ganz in Moräne (Grundmoräne mit Obermoräne) angelegt. Der Löss begann zuerst mit einer

Mächtigkeit von wenigen Centimetern und schwoll gegen W auf einer Strecke von 10 m. auf 2,5 m. an, ohne dass dabei das Liegende erreicht worden wäre; wir dürfen daher die Mächtigkeit zu nahezu 3 m. annehmen.

In seinen obern Schichten ist der Sand rotgelb angewittert, d. h. er hat durch Entkalkung und reiche Ausscheidung von Limonit eine rotgelbe Färbung angenommen¹⁾. „Elb“ ist der landläufige Ausdruck für diese Erdart. Nach unten wird der Sand allmählich heller, der Gehalt an Limonit tritt zurück. „Er ist kalkhaltig und heisst „Weissand“ wegen der zahlreichen, mit dem blossen Auge auf Bruchflächen und abgespülten Wänden leicht erkennbaren, punktförmigen bis krümeligen Ausscheidungen von Kalk oder Mark“ (*Früh*, l. c. Seite 435).

Die Grenze zwischen Löss und Moräne war in beiden Gräben scharf, ohne ein Ineinandergreifen der beiden Ablagerungen. An der Moräne war nur eine kleine Verwitterungsschicht zu beobachten. Aus der tiefgründigen Verwitterung des Lösses einerseits und dem Mangel einer Verwitterungsdecke an der liegenden Moräne müssen wir schliessen, dass die Ablagerung in den Anfang der Postglacialzeit falle.

Herr Professor *J. Früh* hat im Frühjahr 1903 den Löss von *Andelfingen* einer genauen mechanischen und mikroskopischen Untersuchung gewürdigt, wir verweisen darüber auf die bereits zitierte Publikation.

An Fossilien ist der Lösssand ziemlich reich, am besten sind sie zu sehen, wenn der Regen die Ausschleimung besorgt hat. Herr Dr. *Rollier* bestimmte mir die im Sommer 1902 gesammelten Lössschnecken als *Pupa muscorum* L., *Succinea oblonga* Drap. und *Helix hispida* L., wobei die erste Art am zahlreichsten vertreten ist. Auch *Früh* hat die gleichen Fossilien bestimmt, die Längen der *Succinea*-Formen mass er zu 4,5—7,5 mm., die Breiten zu 2,5—3,25 mm.

Nur 100 m. östlich der Sandgrube ist der Lösssand auch in einer Kiesgrube aufgeschlossen. *Früh* (Seite 438) gibt dafür folgendes Profil:

0,5—0,6 m. „Elb“, ohne Wurzeln, mehr oder weniger mit herabgeschwemmten Geröllern verunreinigt.

0,2—0,3 m. mindestens typischer „Weissand“ mit *Helix hispida* L. und scharf nach unten nach Korn und Grösse getrennt.

Moräne.

Früh kommt zum Schlusse, dass der „Weissand“ resp. „Elb“ ein äolisch verfrachteter Sand sei, ein postglacialer Löss, wie ihn *Früh* schon früher im *Rhein-* und *Rhonetal* nachgewiesen hat. Die Ablagerung des Sandes fällt in die

¹⁾ *Früh, J.*, Über postglacialen, intramoränischen Löss (Löss-Sand) bei Andelfingen (Kt. Zürich). Vierteljahrsschrift der naturf. Ges. Zürich.

Zeit direkt nach dem Rückzug der Gletscher der letzten Eiszeit, in den Beginn der Postglacialzeit, als vegetationsarmer Moränenschutt und nackte Molasserücken unserer Gegend ein düsteres Aussehen verliehen. In dieser Periode trostloser Öde haben die Winde den Sand ausgeblasen, bis dann die allmählich sich bildende Vegetationsdecke der Staubverfrachtung ein Ende bereitete. Die Verbreitung des Lösses musste demnach eine viel allgemeinere sein, die dünne Decke hat aber an den meisten Stellen dem Pflug und der natürlichen Denudation weichen müssen.

II. Veränderungen der Trockentäler und fluvioglacialen Terrassen.

1. Allgemeines.

Die zahlreichen Abflussrinnen, auf welchen während der letzten Eiszeit die Schmelzwasser zirkulierten, sind mit dem Erlöschen des Flusses beim Rückzug des Gletschers in ein anderes Stadium der Entwicklung getreten. Solange eine starke Wasserader diese Täler belebte, wurden die Geschiebe der einmündenden Seitenbäche weitergeführt, mit dem Ausbleiben begann aber die Vorherrschaft der Seitenbäche, indem sie das ehemalige Flussbett mit ihren Schuttkegeln erfüllten. Wir führen hier nur die Entwicklung einiger dieser erloschenen Täler an.

2. Lehmlagerung im Klettgau.

An mehreren Stellen ist der Talboden des *Klettgau* von postglacialem Lehm bedeckt, der seine Ablagerung dem Mangel einer oberflächlichen Entwässerung verdankt. 1,2 km. westlich *Guntmadingen* wurde für die nahe Ziegelhütte dieser auf der Niederterrasse gelegene Lehm ausgebeutet. Nach *Penck*¹⁾ sollen hier *Cionella lubrica*, *Helix pulchella* und *Helix candidula* vorkommen. Der Lehm zeigt eine grosse Übereinstimmung mit dem Löss, der die in unmittelbarer Nähe gelegene Hochterrasse des *Schmerlat* überlagert. Ohne Zweifel ist nach der letzten Eiszeit der Löss von seiner primären Lagerstätte auf die Niederterrasse verschwemmt worden.

Ein zweites postglaciales Lehmlager wird an verschiedenen Stellen bei *Beringen* ausgebeutet. In der Grube des Herrn *Schwin* ist unter 0,6 m. Ackererde 1—1,2 m. braunroter Lehm, der von der Röhrenfabrik *Schaffhausen* verarbeitet wird. Im frisch gegrabenen Lehm beobachtet man nicht selten kleine, der Lössfauna ähnliche Schneckenschalen, nach der Bestimmung von Herrn

¹⁾ *Penck, A.*, Die Glacialbildungen etc., Seite 161.

Dr. *Rollier* sind es aber durchwegs recente Arten, was auch für die von *Penck* vom *Schmerlat* angegebenen Arten gesagt werden muss. Das Lehmlager scheint aus Verwitterungsprodukten des Jura zusammengeschwemmt worden zu sein.

Das Liegende bildet ein gelber, feiner Sand mit einer Mächtigkeit von zirka 1 m. Darunter folgt Juraschotter, „Grä“, der in einer benachbarten Grube 0,8 m. mächtig aufgeschlossen war, und erst darunter Niederterrassenkies.

Talaufwärts gerichtete Entwässerung des Wangen- und Klaffentales.

Viel stärkere Wandlungen haben die postglacialen Ablagerungen in dem schmalen *Wangentul* bewirkt. Am W-Rand der geol. Karte Nr. 35 hat der 20 m. hohe Schuttkegel des *Ettengrabens* das Tal völlig abgedämmt. Dadurch wurden die Wasser des obern Talstückes gestaut bis sie am obern Ausgang des Tales gegen den *Rhein* hin einen Ausweg fanden; es kam so eine typische talaufwärts gerichtete Entwässerung zu stande. Das Staubecken wurde durch die Abschwemmungsprodukte der nahen Molasseabhänge zum Teil ausgefüllt und der ursprüngliche See, dessen Existenz bis in die jüngste Zeit uns durch den Flurnamen *Wustensee* (2,7 km. südwestlich von *Jestetten*, in der Nähe des stauenden Schuttkegels) bewiesen wird, ist dadurch in einen Sumpf umgewandelt worden.

Ein ähnliches Schicksal ist auch dem etwas jüngern *Klaffental* (siehe Seite 68) widerfahren. Gerade da, wo sich die beiden Trockentäler bei *Jestetten* vereinigen, hat der *Frankengraben* mit seinen Juraschottern einen Schuttkegel gebaut und damit das *Klaffental* ganz abgedämmt. Es blieb auch hier den gestauten Wassern nichts anderes übrig, als am obern Talende, wo die betreffende Terrasse gegen den *Rhein* abfällt, einen Ausweg zu suchen. Auch im *Klaffental* ist ein Stausee entstanden; 0,7 km. südöstlich vom *Aazheimerhof* trägt eine Stelle den Namen *Weier*.

Mammutfunde von Niederweningen und Teufen.

Ganz die gleichen Verhältnisse waren auch für das *Surbtal* bei *Niederweningen* massgebend, auch hier hat nach dem Ausbleiben des Schmelzwasserstromes beim Rückzug des Gletschers die Lehmaufschwemmung von den Talabhängen begonnen, die Seitenbäche schoben ihre Schuttkegel vor und die Talsohle wurde dadurch von Torfmooren eingenommen. In einem so gebildeten Torflager wurden im Jahre 1890 in einer Materialgrube für den Bau der *Wehntalerbahn* in *Niederweningen* die berühmten Mammutreste gefunden, die fünf verschiedenen Individuen angehören und heute eine Zierde der geologischen

Sammlung im Polytechnikum *Zürich* sind ¹⁾). Nach den in jener Schrift Seite 16 bis 18 niedergelegten Beobachtungen von Herrn Professor *Heim* lag zuoberst 2—4 m. kiesiger erratischer Schutt mit halb eckigen Jurasplintern, das Material scheint von den umliegenden Jurabergen herabgeschwemmt worden zu sein. Dann folgt eine 1—1½ m. mächtige Lehmschicht und darunter der fossilführende Torf mit einer Mächtigkeit von 1—1,6 m. Die Unterlage desselben bildet ein sandiger Lehm (Schlamm sand), dessen Liegendes nicht aufgeschlossen wurde, nach meiner Überzeugung müssen es die Kiese der Niederterrasse sein. Die letztere liegt an der Verknüpfungsstelle mit den Moränen bei *Schöfflisdorf* 479 m. hoch, bei der Einmündung ins *Aaretal* 357 m.; es bedeutet dies ein durchschnittliches Gefälle von 8,2 ‰. Setzen wir ein durchwegs gleichmässiges Gefälle voraus, so käme die Terrassenoberfläche an der Fundstelle in *Niederweningen* auf 449 m. zu liegen; in der Regel ist aber das Gefälle der Schotterfelder an ihrem oberen Ende am grössten, so dass wir den Kies in *Niederweningen* eher noch tiefer zu suchen haben werden. Aus den Höhenangaben des T. A. Bl. 37 und dem angegebenen Profil käme die Auflagerungsfläche des Torfes auf 450—453 m. zu liegen, also höher als die mutmassliche Höhenlage der Terrassenoberfläche.

Nach dieser Überlegung wäre also die ganze in der Materialgrube seinerzeit aufgeschlossene Schichtenreihe, mit Einschluss der Skelette von *Elephas primigenius*, als postglacial zu betrachten; mit dieser Altersbestimmung stimmt auch die Flora des Torflagers überein, nach *Früh* und *Schröter* (l. c. Seite 18—20) wurden in demselben fast durchwegs recente Arten gefunden. Wir hätten also auch hier einen ähnlichen Wechsel der Ablagerungsverhältnisse innerhalb der Postglacialzeit, wie wir es schon von der Bedeckung der Niederterrasse des *Klettgau* nachgewiesen haben (siehe Seite 100).

Viel einfacher gestaltet sich die Altersbestimmung eines Mammutstosszahnes, der 300 m. südlich des Schlosses *Teufen* (an der *Tössmündung* T. A. Bl. 27) gefunden wurde. Nach Aufzeichnungen von Herrn Professor *Heim* war der Zahn in „Lehm über Kies“ eingeschlossen. Der letztere gehört zur älteren der beiden Niederterrassen des *Tösstales* (siehe Seite 87), der Lehm kann nur von dem benachbarten Molassenabhang aufgeschwemmt worden sein, natürlich erst nach Ablagerung der Terrasse, d. h. nach dem Rückzug des Gletschers aus der Gegend von *Düttlikon*. Das Gleiche gilt natürlich auch für das Alter des eingeschlossenen Mammutrestes.

¹⁾ *A. Lang*, Geschichte der Mammutfunde. Ein Stück Geschichte der Paläontologie, nebst einem Bericht über den schweiz. Mammutfund in *Niederweningen*. Neujahrsblatt der naturf. Ges. Zürich, 1892.

III. Das Erlöschen der Seen.

1. Die Verlandung im allgemeinen.

Ausser den Wasserbecken, welche infolge Abdämmung der Trockentäler durch Schuttkegel entstanden waren, hat die Postglacialzeit von der letzten Vergletscherung noch zahlreiche Moränenseen übernommen. Charakteristisch sind die Seen der Zungenbecken innerhalb der Endmoränenwälle, wir haben sie sowohl bei dem äussern (*Stadlersee* Seite 95) als bei dem innern Moränenkranz (*Nussbaumer* Seengruppe) kennen gelernt. Dazu kommen noch zahlreiche Wasserbecken in den Gebieten mit einer mächtigeren Moränendecke, wo infolge ungleichmässiger Anhäufung des Materials eine Menge abflussloser Vertiefungen sich bildeten; als Beispiel sei der Seenschwarm nordöstlich von *Klein-Andelfingen* (geol. Karte Nr. 34) angeführt. Auch die muldenförmigen Vertiefungen zwischen den einzelnen Hügeln der Drumlinlandschaften sind häufig mit Wasser gefüllt.

Zu Beginn der Postglacialzeit waren diese kleinen Moränenseen viel zahlreicher verbreitet als gegenwärtig. Die Mehrzahl derselben ist im Laufe der Zeit zu Mooren und Sümpfen aufgewachsen und von diesen wurden viele durch Drainage in Kulturland übergeführt. Aber auch der heutige Seenbestand ist nur eine Erscheinung von kurzer Dauer.

Das Erlöschen der kleinen Moränenseen beruht in der Hauptsache auf ganz andern Faktoren als bei den grossen alpinen Randseen, wo Flüsse und Bäche mit ihren Geschieben die Ausfüllung besorgen. In die Moränenseen münden nur ganz selten geschiebeführende Bäche, der Mehrzahl fehlt es überhaupt an oberirdischen Zuflüssen, sie sind auf die Speisung durch Grundwasserquellen angewiesen. Die Erscheinungen, welche an der Ausfüllung dieser Moränenseen arbeiten, fasst man unter dem Ausdruck „Verlandung“ zusammen.

Nach *Früh*¹⁾ besteht die Verlandung aus:

1. Sedimentation von eingeschwemmten festen Stoffen, äolisch verfrachteten Pollenkörnern von Tannen und Kiefern, Leichen der Schwebeflora und Schwebefauna, sowie schwimmenden Algen, Moosen und einzelnen Blütenpflanzen.
2. Verlandung im engeren Sinne, d. h. Vordringen der Litoralvegetation nach dem Innern des Wasserbeckens.

Bei grösserer Tiefe des Sees schiebt sich die Vegetation an der Wasseroberfläche vor. So entstehen oft „stark verfilzte, bis über 1 m. mächtige, zu-

¹⁾ *Früh* und *Schröter*, Monographie der schweiz. Torfmoore. Beitr. zur Geologie der Schweiz. Geotechnische Serie, Lfg. III, 8. 19 ff.

sammenhängende Rasendecken, welche auf wasserdurchtränkter Unterlage aufruhren oder auf dem Wasser schwimmen und beim Auftreten deutlich in schwingende (oft buchstäblich wellenförmige Bewegung) geraten“ (*Früh* l. c. Seite 54); man nennt daher dieses Gebilde Schwinggrasen. So ist z. B. der *Hausersee* bei *Ossingen* fast an seiner ganzen Peripherie durch einen Kragen von Schwinggrasen umsäumt. Am innern Rande desselben fällt der See unvermittelt zu einer Tiefe von mehreren Metern ab, daher die landläufige Vorstellung von den fabelhaften Tiefen der Moorseen.

Die Verlandung schreitet von den Ufern oft so stark vor, dass grössere Seebecken in kleinere Wasserflächen zerlegt werden; auf diese Art sind der *Nussbaumer-*, *Steinegger-* und *Hasensee* aus einem einzigen Moränensee entstanden (*Fr. u. Schr.* l. c. Seite 496).

2. Schwimmende Inseln.

Durch Ablösen einzelner Stücke des Schwinggrasens infolge Wellenschlag, Senken des Wasserspiegels oder künstlicher Abtrennung bilden sich schwimmende Inseln; eine grosse Menge dieser merkwürdigen Fahrzeuge beleben die Wasserfläche des *Barchetsee* (am E-Rand der geol. Karte Nr. 34, 2 km. östlich *Ossingen*, hart an der Landstrasse *Truttikon-Neunforn*).

Der *Barchetsee*¹⁾ ist der grösste einer Gruppe von vier Seen, die durch Verlandung voneinander getrennt wurden. Auf der dunkeln Wasserfläche flottieren 80 bis 90 „tischgrosse, seltener 20 m. erreichende „Böschchen“ oder Inseln aus Carices (wie der Verwachsungsgürtel), meist oval, oft nahezu kreisförmig, ohne Gesträuch, zirka 0,3 m. sich über dem Wasser haltend, zwei bis dreimal so tief untertauchend“ (*Fr. u. Schr.* Seite 58). Nach *Früh* sollen die Inseln durch künstliche Abtrennung des Schwinggrasens, der den See mit einem breiten Gürtel umgibt, entstanden sein. Das Wasserbecken diene nämlich zur Maceration (Rossen) des Hanfes, wovon herumliegende Balken noch Zeugnis ablegen. Der Schwinggrasengürtel, der nicht mächtig genug ist, um das Gewicht eines Menschen zu tragen, machte die Wasserfläche schwer zugänglich. „Um durch die zitternden Wiesen das Wasser erreichen zu können, wurden die äussersten unbetretbaren

¹⁾ Literatur des *Barchetsee*:

O. Heer, *Urwelt der Schweiz*, 1865, S. 23.

J. Früh, Die schwimmenden Inseln des *Barchetsee*. *Hettners geogr. Zeitschr.*, II, 1896, S. 216.

Walser, H., Veränderungen der Erdoberfläche im Umkreis des Kantons Zürich etc. Diss. Bern 1896. S. 32.

Früh und Schröter, *Torfmoore*, 1904, S. 58.

Stellen abgeschnitten“ (*Fr. u. Schr.* Seite 58), so dass die einzelnen Schwingrasenstücke wie mächtige Lotosblätter auf dem Wasserspiegel zu flottieren begannen.

Wenn der W-Wind durch die Waldlücke von *Gisenhard* her weht, dann ist keine einzige Insel sichtbar, sie sind alle auf der E-Seite des Sees dicht zusammengekauert und bilden scheinbar eine Rasendecke, die durch Spalten in Stücke geteilt ist. Führt uns der Zufall gerade an jene Stelle, wenn der E-Wind zu wehen beginnt, dann kommt plötzlich Leben in die stille Rasenfläche. Insel um Insel löst sich davon ab, die ganze Flotte der 90 Fahrzeuge wandert über den See, um sich am W-Ufer dicht zusammengeschart wieder vor Anker zu legen. Bei windstillem Wetter sind gewöhnlich nur wenige Inseln auf der Wasseroberfläche zerstreut.

Eine einzelne schwimmende Insel ist im *Öleweiher* bei *Marthalen*, der Verfasser hat als Knabe auf diesem Fahrzeug seine ersten nautischen Versuche gemacht.

Früh erwähnt eine schwimmende Insel, die im Herbst aufsitzt, im *Beetsee* bei *Andelfingen* (*Fr. u. Schr.* Moore, S. 50). *Walser* (Veränderungen der Erde etc., S. 34) spricht von Schwingrasen und schwimmenden Inseln im *Wilersee* östlich *Neunforn*¹⁾. Ich konnte hier wohl einen Schwingrasengürtel, aber keine schwimmenden Inseln konstatieren.

3. Flurnamen als Beweise für das Verschwinden der Seen in historischer Zeit.

Das Erlöschen der Moränenseen ist ein verhältnismässig sehr rasch wirkendes geologisches Agens. Ein nicht unbedeutender Teil dieses Prozesses fällt in die historische Zeit; es geht dies einerseits aus den Flurnamen, anderseits aus dem Vergleich von älteren topographischen Aufnahmen mit dem heutigen Bestand des Seenareals hervor.

Zahlreiche Stellen benennt der Mensch mit Flurnamen, die Wortverbindungen mit *See* oder *Weiher* darstellen, wenn schon an jenen Orten weit und breit kein stehendes Gewässer zu sehen ist; wir haben an dessen Stelle meistens ein Moor, in einzelnen Fällen sogar Wiesland. Gewiss war, als diese Benennungen sich bildeten, an den fraglichen Stellen ein See oder Weiher vorhanden; das Gewässer ist im Laufe der Zeit durch Verlandung erloschen, der Name aber wurde von

¹⁾ *Walser* nennt den *Wilersee* fälschlich *Widersee* und nach ihm auch *Früh* (Moore S. 59). *Widersee* heisst auf *Gygens Zürcher Kantonskarte* (1667) der *Hausersee*, der bis 1803 zum Schloss *Widen* bei *Ossingen* gehörte (Urkunden im Gemeindearchiv *Ossingen*).

Generation zu Generation weitergegeben. Wir geben hier eine kleine Liste solcher um ihre ursprüngliche Bedeutung gekommener Flurnamen, die sämtlich aus Moränengebieten genommen sind:

1. *Weiherwisli* bei der Station *Marthalen*,
2. *Lingisee*, 1 km. nördlich *Marthalen* (geol. Karte Nr. 35),
3. *Amtweiher* unterhalb des *Hausersees* bei *Ossingen*,
4. *Weiherli*, 1 km. nordöstlich *Schlatt* (T. A. Bl. 47),
5. *Weiherbuck*, 1,5 km. südwestlich *Schlatt* (T. A. Bl. 47),
6. *Seewadel*, 2 km. " " "
7. *Weiherholz*, 1 km. nordöstlich *Ober-Neunforn* (T. A. Bl. 53),
8. *Weiheracker*, 1,2 km. nordöstlich *Nieder-Neunforn* (T. A. Bl. 53),
9. *Seewiesen* bei der Station *Talheim-Altikon* (T. A. Bl. 55),
10. *Weiherrücker*, 1,2 km. südlich *Dinhard* "
11. *Egelsee*, 2 km. nordöstlich *Islikon* "
12. *Seewiesen*, 1 km. nordwestlich *Nieder-Steinmaur* (T. A. Bl. 40),
13. *Weiherbrunnen*, 1 km. südöstlich " "
14. *Weiherwiesen* bei *Endhöri* (T. A. Bl. 40).

Eine eben so grosse Anzahl Beispiele lassen sich als Zeugen ehemaliger Stauseen in Trockentälern zusammenstellen, besonders im *Wangental* und beim Talboden von *Elgg*.

4. Das Seenareal im 17. Jahrhundert.

Noch bessere Daten für den Fortschritt des Erlöschens der Seen in historischer Zeit gibt uns der Vergleich des Zustandes mit älteren Kartenbildern. Als Vergleichsmaterial kommt in erster Linie hier die Karte „einer löbl. Statt Zürich eigentümlich zugehörige Graff- und Herrschaften, Stett, Land und Gebiet, sampt deroselben anstossenden benachbarten Landen und gemeinen Landvogteien, vollendet im Jahre 1667 von Hans Konrad Gyger, Burger und Ambtmann im Kappelerhof Löbl. Statt Zürich.“ *Walser*¹⁾ hat die Zuverlässigkeit dieser Karte bewiesen, und an Hand derselben das Erlöschen der Seen des Kantons Zürich untersucht. Berücksichtigen wir hier hauptsächlich das Seengebiet zwischen *Örlingen*, *Trüllikon* und *Ossingen* (geol. Karte Nr. 34), von welchem mir ein ähnliches Urkundenmaterial zur Verfügung stand.

¹⁾ *H. Walser*, Veränderungen der Erdoberfläche im Umkreis des Kantons Zürich seit der Mitte des 17. Jahrhunderts. Diss. S. A. aus dem XV. Jahresber. d. geogr. Ges. Bern 1896.

Am *Hausersee* verzeichnet *Gygers* Karte drei Seebecken, die ursprünglich zu einem einzigen, durch eine Moränenschwelle gestauten See zusammenhiengen. Die Stelle des untersten der drei Seebecken wird in *Ossingen Amtweiher* genannt, im T. A. ist dieses Wort zu dem bedeutungslosen Namen „*Amon*“ (!) verstümmelt worden! In einer Urkunde vom Jahre 1636, aufbewahrt im Gemeindearchiv *Ossingen*, ist noch von der Fischereigerechtigkeit des *Amtweihers* die Rede, auch im „Grundriss des Ossinger Zehntens, wie solcher anno 1777 abgemessen und in Plan gebracht worden“, ist der *Amtweiher* noch als solcher verzeichnet.

In den siebziger Jahren des 19. Jahrhunderts wurde der *Amtweiher* zeitweilig noch künstlich gestaut, sei es zur Bewässerung des Streuerietes, sei es zu Fischereizwecken, heutzutage ist auch hier nur noch ein Streueriet.

Der *Hausersee*, auf *Gygers* Karte *Wydersee* genannt, hat seine Grösse seither nicht wesentlich geändert, dagegen ist der oberste der drei Seen des 17. Jahrhunderts zu einem ganz unbedeutenden Wasserbecken, dem *kleinen See*, reduziert worden.

Bei *Dachsenhausen*, westlich der Strasse *Andelfingen-Trüllikon*, verzeichnet *Gyger* einen neuen See von zirka 300 m. Länge, gegenwärtig ist an jener Stelle ein Streueriet.

Der *Örlingerweiher*, der seine Entstehung einer niedrigen Moränenschwelle, auf welcher das Dörfchen *Örlingen* erbaut ist, verdankt, muss schon frühe verlandet sein, denn die Urkunden des Klosters *Rheinau* erzählen uns, dass der Abt im Jahre 1430 durch Anlage eines Dammes den Weiher zur Fischzucht künstlich erneuern liess, was zu einem siebenjährigen Streit mit den *Truchsessen von Diessenhofen* Anlass gab¹⁾.

Von weiteren heutzutage erloschenen Seen erwähnt *Gyger* den *Stammerweyer* mit einem Flächeninhalt von zirka 0,5 km² (1,5 km. östlich der Station *Etzwil*, T. A. Bl. 48), den schon auf Seite 101 aufgeführten Weiher im *Klaffental* bei *Jestetten*²⁾, ferner ein grösseres Wasserbecken bei *Berg*, 3,7 km. östlich *Henggart* (geol. Karte Nr. 34) und eine ganze Seengruppe in dem auf Seite 93 angeführten *Dättnauer Taltorso* bei *Wülflingen*.

Diese wenigen Beispiele werden genügen, um zu zeigen, wie ungemein rasch die Verlandung, zum Teil auch künstliche Eingriffe an der Zerstörung unserer

¹⁾ *Hohenbaum van der Meer*, Geschichte der tausendjährigen Stiftung *Rheinau*, 1778, Seite 120.

²⁾ Wie der *Stammerweyer* auch auf *Peyers* Karte «*Schaffhausergebiet samt den Grentzen und umlygende Orte*», 1685, verzeichnet.

Seen arbeiten. Wenn diese Prozesse im gleichen Tempo fortschreiten, so wird nach wenigen Jahrhunderten der letzte düstere Waldsee mit seiner eigenartigen melancholischen Stimmung aus unserer Gegend verschwunden sein, indem den seenzerstörenden Vorgängen nur ganz unbedeutende seenbildende Faktoren entgegenarbeiten.

IV. Postglaciale Tuffe.

Die Tuffbildung hat als Begleiterscheinung von allen kalkhaltigen Quellen natürlich zu allen Zeiten stattgefunden. Das älteste Tuflager unseres Gebietes mit seinen für die Klimatologie der letzten Interglacialzeit so wichtigen Einschlüssen liegt bei *Flurlingen*; das Kapitel F. V, Seite 45 gibt darüber genauen Aufschluss. Der Kalk entstammt hier einer Quelle, die dem Deckenschotter des *Kohlfirst* entströmt zu sein scheint.

Ein anderes Tuflager einer Deckenschotterquelle war im Jahre 1903 bei der Quellenfassung für die Wasserversorgung von *Feuerthalen* durch den Bau einer Waldstrasse am Nordfusse des *Kohlfirst* aufgeschlossen. Das Lager ist stellenweise 2—3 m. mächtig, besteht aus lockerem Material und setzt sich westlich bis auf die geol. Karte Nr. 35 fort. Dieser Tuff ist viel jünger als derjenige des benachbarten *Flurlingen*, es fehlt hier jegliche Bedeckung mit Moränenmaterial, die Ablagerung muss daher in die Postglacialzeit fallen.

Andere Tuflager verdanken ihre Entstehung den Quellen, welche den ausgedehnten Schotterfeldern der letzten Vergletscherung entströmen, so z. B. die Tuffe bei *Rorbas* am linken Ufer der *Töss*, aus der Rückzugsterrasse von *Embruch* (siehe Seite 86) stammend, das Tuflager bei der *Nackermühle* (geol. Karte Nr. 35) aus der *Lottstetter*terrasse. Die Tuffe bei *Jestetten* liegen in einer postglacialen Bachschlucht.

Ganz analog verhält es sich mit dem erst im Winter 1906/07 aufgeschlossenen Tuflager beim *Egghof*, 0,7 km. nordwestlich der *Thurmündung* (geol. Karte Nr. 35), auch dieses verdankt seine Entstehung einer Quelle, die am Kontakt des Kiesel der *Lottstetter*terrasse und der liegenden Molasse zu Tage tritt.

Auf dem mächtigsten Tuflager steht ein grosser Teil der Häuser von *Andelfingen* (geol. Karte Nr. 34). Bei den Fundamentierungsarbeiten für den Kirchturm wurde hier im Jahre 1856 ein fluvioglacialer Kies in einer Tiefe von 48 Fuss erbohrt¹⁾. Der mächtige Quellbach, welcher 500 m. südöstlich *Andelfingen* den Moränen der letzten Eiszeit entströmt, hat ohne Zweifel den Tuff abgelagert.

¹⁾ Persönliche Mitteilung von Herrn Sekundarlehrer Gubler in *Andelfingen*.

Zwischen *Andelfingen* und *Dätwil* (geol. Karte Nr. 34), wo am linken *Thur*-ufer der fluvioglacialen Terrasse des *Pilgfeldes* auf der liegenden undurchlässigen Grundmoräne zahlreiche Quellen entströmen und einen wahren Quellenhorizont bilden, haben wir an verschiedenen Stellen kleinere Tuffablagerungen. Interessant ist besonders eine Stelle an der *Thurbrücke* der Eisenbahnlinie *Winterthur-Schaffhausen*. Beim Bau der Bahn im Jahre 1856 wurde an der Seite des Dammes ein Quellbach verlegt und mit einer Talsperre versehen. Seit dieser Zeit ist die Tuffbildung zirka 2 m. über die Mauer hinaus vorgeschritten, gewiss ein schönes Beispiel für die relativ rasche Ablagerung des Tuffes.

V. Die Entwicklung des Rheines.

1. Allgemeines.

Das Schicksal unserer Flüsse ist in der Postglacialzeit eng verknüpft mit jenen interglacialen Tälern, die unter den Niederterrassenfeldern in das Anstehende, sei es Jura oder Molasse, eingesenkt und mit Schottern ausgefüllt sind.

„Auf den breiten Terrassen schweiften die schotteranhäufenden Schmelzwasser ruhelos hin und her, denn sobald ein Fluss sein Bett aufschüttet, drängt er sich selber bald an das eine, bald an das andere Ufer, er unterwäscht es und untergräbt es der Länge nach“¹⁾, der Fluss stand damals im Zeichen der Akkumulation verbunden mit Seitenerosion (vergl. auch Seite 58).

Mit dem Rückzug des Rheingletschers hinter den *Bodensee* trat in unserem Gebiete für den *Rhein* die Akkumulation zurück und der vom Gletscherschutt entlastete Fluss trat damit in eine Phase mit überwiegender Tiefenerosion ein. Bei diesem Wechsel der Verhältnisse schnitten sich die Flüsse gerade auf der Linie ein, welche sie bei der Änderung der Erosionsrichtung inne hatten, natürlich gänzlich unabhängig von der in der Tiefe vorgezeichneten, mit Schottern zugeschütteten Rinne; wie hätten sie davon auch nur eine Ahnung haben können!

Als daher die Flüsse bei ihrer Tiefenerosion die Niederterrassenkiese durchschnitten hatten, kamen sie in eine Region, deren Schichten der Erosion ganz verschiedenen Widerstand entgegensetzten. An den einen Stellen fiel das postglaciale Tal mit der ältern Rinne zusammen, der Fluss kam dabei in das Bereich leicht erodierbarer Schotter. Nicht selten hat aber der Fluss seine ehemalige Bahn gefehlt, er musste sich hier in Jura oder Molasse einen ganz neuen Weg graben. Bei diesen von der früheren Flussrichtung abweichenden, epigeneti-

¹⁾ *Penck und Brückner, Die Alpen im Eiszeitalter*, S. 113.

schen Talstrecken hat sich der Fluss ganz auf die Tiefenerosion beschränkt und ein schmales schluchtartiges Tal gebildet, so z. B. der *Rhein* beim Wasserkwerk *Schaffhausen*, am *Rheinfall*, zwischen der *Rheinauer Rheinbrücke*, von *Rüdlingen* bis *Eglisau*, bei *Kaiserstuhl* u. s. w., die *Glatt* an ihrer Mündung.

Zwischen den epigenetischen Talstücken, d. h. da, wo altes und neues Tal miteinander zusammenfielen, wurden die Schotter leicht abgetragen, denn der Fluss greift die Ufer um so mehr an, je leichter zerstörbar ihr Material ist. In diesen Talstücken konnten die Flüsse, besonders der *Rhein*, in mehr oder weniger breiter Schwingbahn mäandrieren und sich ein breites postglaciales Tal graben. Die Breiten der einzelnen ausgeweiteten Talstrecken sind ungleich, es lässt sich aber dabei eine gewisse Gesetzmässigkeit konstatieren, indem im allgemeinen mit zunehmender Länge des mäandrierenden Flussabschnittes sich auch die Breite der Schwingbahn vergrössert.

2. Die postglacialen Terrassen in der Umgebung von Rheinau.

a. Verbreitung und Zusammensetzung.

Auf der Strecke vom Rheinfall bis nach *Rheinau* hat der *Rhein* während der Postglacialzeit keine nennenswerten horizontalen Schwankungen durchgemacht. Schon am Schluss der letzten Eiszeit muss sich der Fluss auf der heutigen abenteuerlichen Richtung in die jüngste Niederterrasse einzugraben begonnen haben. Nur die äussersten Spitzen der Serpentine bei *Rheinau* haben sich seither nach aussen (zentrifugal) verschoben, besonders bei dem Bogen um die Halbinsel *Schwaben*, deren Oberfläche kontinuierlich gegen SW, d. h. die äusserste Spitze derselben, geneigt ist.

Ganz anders ist nun die Tätigkeit des *Rheines* unterhalb *Balm*. Genau an der Stelle, wo der Fluss aus der Molasse in seine alten Schotter tritt, beginnt das postglaciale Tal sich bis auf 4,5 km. zu erweitern und bildet ein Terrassensystem, das meines Wissens im ganzen *Rheintal* nirgends seinesgleichen aufzuweisen hat. Die geol. Karte Nr. 35 verzeichnet die acht wichtigsten postglacialen Terrassen, einige lokale Übergangsterrassen mussten, um die Übersichtlichkeit nicht zu beeinträchtigen, weggelassen werden. Einzelne Terrassenstücke, um die sich noch beidseitig geschlossene Taltorsos winden, sind hie und da als isolierte Plateaux stehen geblieben, eine Erscheinung, die sich auf mehreren Stufen beobachten lässt; die Profile durch dieses Terrassensystem ergeben daher merkwürdig komplizierte Gebilde.

Die älteren Terrassen sind besonders auf der linken *Rheinseite* entwickelt, sie lassen sich aber nur bis zur *Thur* verfolgen. Hier hören sie wie mit einem Schlage auf; mit ihrer südlichen Fortsetzung haben die ungestümen Wasser der *Thur* gründlich aufgeräumt.

Die spärlichen Aufschlüsse zeigen uns überall einen gutgeschwemmten Schotter mit dachziegelartiger Lagerung der Geschiebe, und oft erkennbarer Flussrichtung. Wie aus der petrographischen Zusammensetzung hervorgeht, haben wir es hier im allgemeinen mit umgelagertem Niederterrassenschotter zu tun. Die jüngern Schotterfelder der letzten Eiszeit wurden von dem seitwärtsdrängenden *Rhein* abgetragen und die denudierten Schotter infolge des kleinen Flussgefälles — der Molasse-riegel des *Irchels* musste hier stauend wirken — zum Teil wieder akkumuliert.

Die Durchlässigkeit des Schotters ist so gross, dass hier oberflächliche Wasserläufe gar nicht vorkommen. Alle Bäche, die von W und E in das Gebiet der postglacialen Terrassen eintreten, bringen es nicht über den Rand ihres Schuttkegels hinaus, selbst der Dorfbach von *Marthalen*, der ein Gebiet von zirka 23 km² entwässert, macht keine Ausnahme. Im ganzen dürften auf diesen Terrassen von *Rheinan-Ellikon* bis zur *Thurmündung* 15—20,000 Minutenliter Wasser versickern; das ganze Quantum kommt dem Grundwasserstrom des interglacialen *Rheintales* zu gut (siehe Seite 37). Der Mangel an oberirdischen Wasserläufen hat viel zu der vorzüglichen Erhaltung der scharfen Formen unserer Terrassen beigetragen.

Infolge der grossen Durchlässigkeit bieten die postglacialen Terrassen nur einen mageren, trockenen Boden, der grösste Teil des Gebietes ist daher von einem mächtigen Walde bedeckt, in dessen Dunkel die Mehrzahl der Terrassen verborgen sind. Nach Mitteilung von Herrn Prof. *H. Schinz* finden sich sogar an einem Terrassenrand südöstlich *Ellikon* typische Steppenpflanzen.

Einer ganz anderen Vegetation bieten die Schuttkegel Raum, denn hier haben die Bäche eine gute Ackererde auf den magern Kies aufgeschüttet. Der praktische Sinn des Menschen hat längst diese Stellen zu einem ausgiebigen Wiesenbau verwendet; als schönstes Beispiel führen wir den flachen Schuttkegel des Dorfbaches von *Marthalen* an, der hier durch Anlage von zahllosen Stauvorrichtungen zur Berieselung des sonst trockenen Bodens herangezogen wird.

b. Flussverschiebungen.

An Hand der Terrassenverhältnisse lassen sich die einzelnen Phasen, welche der *Rhein* hier in der Postglacialzeit durchlaufen, mit ziemlicher Sicherheit verfolgen (siehe geol. Karte Nr. 35).

Auf Stufe 2 hat der *Rhein* eine mächtige Serpentine um den *Seewerben* gebildet. Wir haben hier auf einer Strecke von 1,6 km. einen beidseitig geschlossenen Taltorso. Ähnliche Verhältnisse weist die Terrasse 4 beim *Radhof* auf. Sie umkreist als zirka 100 m. breites Band das *Radholz*, welches zu Terrasse 2 gehört und stellenweise einen nur 1 m. hohen, aber trotzdem gut ausgeprägten Terrassenrand bildet. Auf Stufe 4 hat der *Rhein* die Serpentine um das *Radholz* beim *Wattbuck* abgeschnitten, so dass sich seine Wasser direkt zwischen *Hörnispitz* und *Kachberg* nach S ergiessen konnten. Dieses heute wasserlose Trockental, dessen Sohle von Terrasse 4 eingenommen ist, scheint von allen frühern (innerhalb der Postglacialzeit) *Rheinläufen* benutzt worden zu sein, denn alle ältern Terrassen konvergieren auf dieses Tal, während im heutigen Durchgang bei *Ellikon* nur die jüngern Stufen ausgebildet sind.

Eine einschneidende Änderung der Flussrichtung hat sich beim Übergang von Terrasse 4 zu 5 vollzogen. Die letztere setzt sich nicht mehr in das Trockental fort, sie schneidet den Eingang desselben nördlich des *Kachberg* durch einen scharfen Terrassenrand ab. Ohne Zweifel hat damals der *Rhein* seine nach S gerichtete Serpentine bei *Ellikon* durchbrochen und damit einen direkten Weg nach S gefunden, wodurch das Tal zwischen *Kachberg* und *Hörnispitz* trocken gelegt wurde. Damit begann der Fluss in seinem neuen Tal bei *Ellikon* weitere Terrassen zu bauen; von seinem Mäandrieren auf Stufe 7 ist uns bei der *Nackermühle* ein Stück einer Serpentine erhalten geblieben.

So kam denn der *Rhein* auch auf diesem verschiebungsreichen Gebiete auf die heutige Richtung. Am spätesten folgte hierin die Strecke zwischen *Thurmündung* und *Rüdlingen*, wo der *Rhein* in den letzten Jahrhunderten unter der Wirkung der wilden Wasser der *Thur* lebhaft Tendeuz zeigte, sein Bett gegen W zu verlegen und damit ein Stück des *Rüdlingerfeldes* nach dem andern mit sich führte. Seit dem Jahre 1870 sind hier Sicherungsbauten im Gange, um dem *Rhein* durch künstliche Dämme seinen Weg vorzuzeichnen¹⁾.

Auch zwischen *Eglisau* und *Kaiserstuhl* (geol. Karte Nr. 36) ist es an den nicht epigenetischen Stellen zur Bildung von postglacialen Terrassen gekommen; unterhalb der Eisenbahnbrücke *Eglisau* sind es deren vier, wir finden aber hier nichts von jener Mannigfaltigkeit der Ausbildung, wie wir sie aus der Gegend von *Rheinau* kennen gelernt haben.

¹⁾ Vom Kanton *Schaffhausen* wurden für diese Bauten vom Jahre 1870 bis 1880 Fr. 29,890. 97 verausgabt, von 1881 bis 1904 Fr. 516,394. 13. An den letzten Posten hat der Bund 33 1/2—40 % an Beiträgen geliefert. (Briefliche Mitteilung von Herrn J. Spahn, Inspektor für Strassen- und Wasserbau des Kantons *Schaffhausen*.)

3. Gefällsbrüche.

a. Das Profil des Rheines im allgemeinen

ist wie die Breite seines Tales stark beeinflusst durch die Abweichungen zwischen dem heutigen und dem interglacialen Flusslauf. Natürlich war in den weichen Schottern des alten Tales die Tiefencrosion viel leichter möglich als bei den epigenetischen Talstücken, wo in Jura oder Molasse das Bett vertieft werden musste. Die epigenetischen Stellen figurieren daher als stauende Riegel, als Stufen des Flusslaufes, zwischen denen Strecken mit geringerem Gefälle liegen, wie die folgende Gefällstabelle zeigt:

<i>Stein — Schaffhausen</i>	17,7 km.	5 m.	0,28 ‰
<i>Schaffhausen — Schlösschen Wörth</i>	2,8 "	32 "	11,4 ‰*
<i>Rheinfall — Rheinau</i>	9 "	5 "	0,55 ‰
<i>Rheinau — Balm</i>	2,5 "	5 "	2 ‰*
<i>Balm — Rüdlingen</i>	7,4 "	5 "	0,67 ‰
<i>Rüdlingen — Eglisau</i>	6 "	6 "	1 ‰*

(* Epigenetische Talstücke.)

Von *Eglisau* bis *Reckingen* folgen epigenetische und nicht epigenetische Talstücke in buntem Wechsel auf einander; die Höhenangaben der topographischen Karte sind hier zu dürftig, um genaue Gefällsberechnungen anzustellen. Einfacher gestalten sich die Verhältnisse von *Reckingen* an:

<i>Reckingen — Ettikon</i>	6,7 km.		0,74 ‰
<i>Ettikon — Koblenz</i>	2,5 "	6 m.	2,4 ‰*

Die epigenetischen Talstücke haben also durchwegs ein grösseres Gefälle als die dazwischen gelegenen Strecken, sie sind daher meistens durch Stromschnellen charakterisiert. Die letzteren müssen naturgemäss am untern Ende der epigenetischen Talstücke sich gebildet haben, an der Stelle, wo im Flussbett auf den anstehenden Fels die Schotter des interglacialen Tales folgen. Der nur teilweise verkittete Kies wurde natürlich leicht abgetragen, in den angrenzenden anstehenden Felsen blieb die Erosion der grösseren Resistenzfähigkeit wegen zurück, so dass am Kontakt der beiden Ablagerungen sich ein Gefällsbruch bilden musste.

b. Die Entstehung des Rheinfallcs.

Die Höhe der entstandenen Stromschnelle war abhängig von der Differenz der Resistenzfähigkeit der beiden aneinander grenzenden Gesteinsarten. Der Schotter des interglacialen Tales blieb sich natürlich überall der gleiche, das

Gestein der epigenetischen Talstücke dagegen wechselt, und damit auch die Resistenzfähigkeit. Bei der *Glattmündung*, am *Irchel* und bei *Rheinau* bestehen die Riegel aus verhältnismässig wenig resistenzfähiger Molasse, die Stromschnellen sind daher unbedeutend, aber immerhin bemerkbar, bei *Laufen* dagegen bilden die ungemein zähen Korallenkalke in ihrer Widerstandsfähigkeit den grössten Gegensatz zu den weichen Schottern des interglacialen Tales; kein Wunder, wenn hier der stärkste Gefällsbruch, der Rheinfall, sich bilden musste, im übrigen ist seine Entstehungsweise ganz die gleiche, wie für die genannten Stromschnellen.

Den Zeitpunkt der Bildung des Rheinfalles haben wir in einem früheren Kapitel, Seite 75, bestimmt. Als der Rheingletscher der letzten Eiszeit sich von *Langwiesen* gegen *Diessenhofen* zurückzog, haben bei *Laufen* die Fluten des Stromes über Kalkklippen zu rauschen begonnen.

c. Verschiebung des Rheinfalles.

Die Gefällsbrüche sind heute nicht mehr an der Übergangsstelle vom anstehenden Felsen zum Schotter des alten Tales, sie sind flussaufwärts gewandert, oder das Gefälle ist, wie in den Molasseriegeln an der *Glattmündung* und am *Irchel*, auf das ganze epigenetische Talstück ausgeglichen worden.

Und nun am Rheinfall! Das linke Ufer des interglacialen Tales bildet bei der Aluminiumfabrik *Neuhausen* und beim Schloss *Laufen* eine steile Kalkwand, über welche sich der *Rhein* ursprünglich gestürzt haben muss. Seither hat sich der Fall flussaufwärts verschoben. Der Absturz ist gegenwärtig bei der Aluminiumfabrik 55 m. oberhalb des ehemaligen Talabhanges¹⁾, beim Schloss *Laufen* mass ich zirka 65 m., man muss dabei aber berücksichtigen, dass die heutigen Ufer schief zum Falle stehen; der direkte Abstand zwischen Entstehungsort und heutigem Fall reduziert sich dadurch auf nur 20—30 m., d. h. um diese Strecke hat sich der Rheinfall seit seiner Entstehung rückwärts verschoben. Nehmen wir den Zeitraum von der Bildung des Falles (Ende der letzten Vergletscherung) bis auf die Gegenwart zu 20,000 Jahren an²⁾, so würde sich der jährliche Rückschritt auf 1—2 mm berechnen, gewiss ein sehr minimier Wert; besonders klein erscheint er, wenn wir die Verhältnisse am *Niagarafall* in Parallele setzen.

¹⁾ Persönliche Mitteilung von Herrn Prof. Heim.

²⁾ Heim hat aus den Ablagerungen der *Muota* im *Vierwaldstättersee* die Postglacialzeit zu 16,000 Jahren berechnet (Vierteljahrschrift der naturforschenden Gesellschaft Zürich, 1894, S. 185), Brückner und Dr. Beck aus den Deltabildungen im *Bödeli* bei *Interlaken* zu 20,000 Jahren. Max Hildebrandt (Eiszeiten der Erde, ihre Dauer und Ursachen, S. 65) findet aus der Exzentrizität der Erdbahn 20,000 Jahre.

Dieser hat sich während 48 Jahren (1842—1890) auf der kanadischen Seite 32,26 m. rückwärts verlegt, d. h. per Jahr 0,67 m.¹⁾

Der Grund für diesen ungemein langsamen Rückschritt des Rheinfalles liegt hauptsächlich in der grossen Zähigkeit der zu durchsägenden Kalke, zum Teil aber auch in der läuternden Wirkung des *Bodensees*, in dem die vom Flusse transportierten harten Materialien, die zum Abschleifen des Felsens dienen könnten, zum grössten Teil abgesetzt werden. Dank dieser Umstände können wir dem Rheinfall ein langes Bestehen prophezeien, hat doch der zu durchsägende Kalkriegel eine Länge von 1 km., dazu folgt nach kurzem Unterbruch bei *Schaffhausen* eine neue Schwelle von zirka 200 m. Länge. Freilich dann, wenn einmal der *Bodensee* mit Geschieben ausgefüllt sein wird, dann wird es mit der Zerstörung des Rheinfalles rapid vorwärts gehen, aber auch bis dahin wird noch mancher Tropfen Wasser niederrollen können.

d. Wie viel Wasser rauscht per Sekunde am Rheinfall nieder?

Herr *Spahn*, Strassen- und Wasserbauinspektor des Kantons *Schaffhausen*, hatte die Freundlichkeit, mir einige bei *Schaffhausen* genau bestimmte Wassermengen des *Rheines* mitzuteilen:

24. September 1890	. . .	1061,0 m ³
17. März 1893	. . .	227,2 „
27. „ 1887	. . .	184,3 „
24. „ 1887	. . .	156,6 „
4. Februar 1887	. . .	130 „
Minimum im Winter 1881/82		90 „ *

* (Aus der Wassermengenkurve abgeleitet.)

Als niedrigste Wasserstände aus früherer Zeit notieren wir²⁾:

24. März 1853	87 m ³
26. Januar 1858	54 „

Die durchschnittliche Wassermenge beträgt im Monat²⁾:

Januar 190, Februar 160, März 190, April 230, Mai 380, Juni 580, Juli 600, August 500, September 400, Oktober 350, November 270, Dezember 240 m³ per Sekunde. Das jährliche Mittel berechnet sich daraus auf zirka

¹⁾ *Fr. Ratzel*, Die Erde und das Leben, 1902, II. Band, S. 94.

²⁾ Rapport de M. le prof. Dr *Alb. Heim* sur le nouveau projet de déviation des eaux de la chute du Rhin. *Eclogæ geol. helv.* 1900, VI, S. 463.

341 m³ per Sekunde, was per Jahr ein Quantum von 10—11 Milliarden m³ ausmachen würde.

c. Wirtschaftliche Bedeutung der epigenetischen Talstücke.

Wie aus der Tabelle auf Seite 113 ersichtlich ist, konzentriert sich in den epigenetischen Talstücken ein grösseres Gefälle auf eine kurze Strecke, hier lässt sich daher am relativ billigsten die Wasserkraft des *Rheines* ausnützen. Nehmen wir die konstante, zur Ausnützung verwendbare Wassermenge zu 100 m³ ¹⁾ an — geringere Wassermengen sind ganz selten — so repräsentiert uns 1 m. Gefälle einen Nutzeffekt von etwa 1000 Pferdekraften. Das Gefälle der Stromschnelle bei *Schaffhausen* wird schon seit Jahren ausgenützt und hat die dortige Industrie mächtig entwickelt. Über die Ausbeutung der Wasserkraft bei *Rheinau* ist die Stadt *Winterthur* seit mehreren Jahren in Unterhandlung. Die geplante Anlage sieht einen Kanal durch die Halbinsel *Rheinau* an ihrer schmalsten Stelle vor.

Von Herrn *H. Peter*, Ingenieur der Wasserwerke der Stadt *Zürich*, wird gegenwärtig ein Projekt ausgearbeitet, welches das Gefälle der epigenetischen Talstücke am *Irchel* und der *Glattmündung* ausnützen soll. Ein Stauwehr unmittelbar oberhalb der *Glattmündung* würde den *Rhein* bis nach *Rüdlingen* stauen; es ergibt dies ein Gefälle von 10 m., was bei einer Verwendung von 150 m³ per Sekunde eine Arbeit von 15,000 Pferdekraften ausmacht.

Zuerst musste natürlich die Technik nach der gigantischen Kraft, welche in den stürzenden Wassermassen des Rheinfalles schlummert, lütern werden, weist doch dort der Fluss auf einer Strecke von 400 m. ein Gefälle von 26 m. auf. Schon im Jahr 1693 mischte sich der dumpfe Schlag der Hämmer des Eisenwerkes *Laufen*, das an der Stelle der Aluminiumfabrik stand, in das Brausen des Rheinfalles. Es wurden hier während vielen Jahren die Bohnerze des *Laufenerberges*, 3,5 km. südwestlich Neuhausen, verarbeitet (siehe Seite 3). Gegenwärtig werden dem *Rheine* auf der rechten Seite zirka 25 m³ Wasser per Sekunde entnommen und auf Turbinen geleitet, sei es zum Betrieb der Waggon- und Waffenfabrik, sei es, um in der Aluminiumfabrik das bekannte leichte Metall auf elektrolytischem Wege zu gewinnen. Diese industriellen Etablissements, von denen das erstgenannte 5500 HP, das andere 550 HP ausbeutet, haben zwar die Ortschaft *Neuhausen* rasch entwickeln lassen, es ist aber nicht zu leugnen, dass damit der Rheinfall als Naturwunder eine ganz bedeutende Einbusse erlitten hat, sowohl durch die eintönigen Fabrikanlagen als auch durch den Wasserentzug,

¹⁾ Bei Anwendung einer Dampfreserve lassen sich ganz gut 150 m³ Wasser verwerten.

der sich besonders im Winter ganz empfindlich fühlbar macht. In den Wintermonaten wird der Fall auf der rechten Seite auf mehr als einen Drittel der Breite trocken, so dass man auf den nackten Felsen noch deutlich die erodierende Wirkung des Wassers erkennen kann. Von den zahlreichen Strudellöchern fielen mir bei meinen Besuchen zu dieser Jahreszeit besonders eine Anzahl von zirka 50 cm. weiten, bis 1 m. tief zylindrisch in das Gestein gedrehten Löchern auf. Im Dezember 1902 trugen mehrere derselben eine Eisdecke, beim Auftreten brach diese ein, in der Höhlung war keine Spur von Wasser, es hatte sich in dem durchlässigen Kalke verloren, dafür liegen auf dem Grunde eine Anzahl runder Kieselgerölle, die von den stürzenden Wassern gedreht wurden, was die Bildung der Löcher veranlasste.

VI. Entwicklung der Nebenflüsse.

1. Das Thurtal.

a. Breite des Tales und Terrassenbildung.

Auch in der Talfurche, die während der letzten Vergletscherung vom *Thur*-lappen des Rheingletschers okkupiert war, haben sich in der Postglacialzeit eine Menge von Wasserläufen zu einem Flusse vereinigt, und zwar auf einer Richtung, die bereits von den Schmelzwassern des sich zurückziehenden Rheingletscherarmes vorgezeichnet sein musste. Der obere Teil des *Thurtales*, soweit dieses unser Gebiet betrifft, ist gebildet durch das Zungenbecken der innern Moränen, eine flache Mulde, die für das wilde Bergwasser ein zu Ausschreitungen sehr günstiges Terrain bildet, was überall Dammanlagen nötig machte. Zwischen *Gütighausen* und *Andelfingen* windet sich die *Thur* durch die innern Moränen. Entsprechend der höheren Uferböschung ist das Tal hier schmal, für die Bahnlinien *Winterthur-Schaffhausen* und *Winterthur-Singen* hat man daher diese schmalen Durchbrüche durch die Moränen zur Anlage von Brücken verwendet. Unterhalb *Andelfingen*, wo sich der Fluss in die Rückzugsterrasse der innern Moränen vertieft hat, wird das Tal wieder breiter, es ist hier sogar zur Anlage von postglacialen Terrassenfeldern gekommen. Diese stehen aber an feinen Formen dem Terrassensystem des *Rheines* bei *Rheinau* bei weitem nach, was wohl den viel grösseren Schwankungen der Wasserquantität zuzuschreiben ist:

Minimale Wassermenge	6 m ³ p. S.	} 1. X. 1895. 21. VIII. 1904.
Mittlere	35 m ³ „ „	
Maximale	1400 m ³ „ „	12. VI. 1876.

Beim Hochwasser vom 12. VI. 1876 hat die *Thur* am Unterlauf mehrere Brücken weggerissen, das Dorf *Klein-Andelfingen* bedroht, und den *Rhein* an der Mündung so stark gestaut, dass das 1,5 km. oberhalb der Mündung gelegene Dörfchen *Ellikon* fast ganz im Wasser stand.

Minimale und maximale Wassermenge der *Thur* verhalten sich wie 1 : 23, am *Rhein* bei *Schaffhausen* nur wie 1 : 19; das Verhältnis von mittlerem zu maximalem Wasserstand berechnet sich für die *Thur* auf 1 : 40, für den *Rhein* auf nur 1 : 3,1.

Bei *Alten* ist das *Thurtal* ein Stück weit epigenetisch, die Ufer treten hier näher zusammen und bestehen beidseitig aus Molasse, während sonst an den Talabhängen meistens lehm- und sandreiche Grundmoräne ansteht, wenigstens in den untern Partien. Diese Ablagerung musste bei der Bildung der Serpentine zwischen *Andelfingen* und *Alten* abgetragen werden und wird jetzt noch am nördlichsten Punkt der Serpentine an einer Prallstelle beständig weggeführt. Dabei lässt sich wohl denken, dass der Fluss auf der Leeseite einen Teil des Lehmes wieder ablagerete; auf diese Weise glaubte ich die Entstehung des Lehmagers, das 1,2 km. westlich *Andelfingen* am E Rand des *Thurholzes* (geol. K. Nr. 34) 1—1,5 m. aufgeschlossen ist, erklären zu müssen¹⁾. Dieser Lehm führt ein eigentümliches Fossil — Hufeisen.

b. Hufeisen im angeschwemmten Lehm.

Ich glaubte anfänglich, aus den Hufeisen die Zeit der Ablagerung des Lehmes, der eine Menge alluvialer Land- und Wasserschneckenschalen aufweist²⁾, genauer bestimmen zu können, nach Bestimmung durch Herrn Dr. *Heierli* stammen aber die beiden mir von dieser Lokalität zur Verfügung stehenden Exemplare aus verschiedenen Zeiten. Das eine, mit den ersten Anfängen von Stollen versehene, vielleicht von einem Maultier herrührende Hufeisen gehört dem frühen Mittelalter an, das andere Exemplar ist noch mit Stollen und Nägeln versehen und kann nicht mehr als 100 Jahre alt sein. Die Eisen scheinen erst nach

¹⁾ *L. Wehrli* hält diesen Lehm für „vermutlich fluvial verschwemmten Löss“. (Die schweiz. Tonlager. Beiträge z. Geologie d. Schw. Geotechnische Serie. Lfg. IV, 1907. S. 377.) Wir haben auf S. 40 darauf hingewiesen, dass die Grundmoräne, aus welcher unser Lehm ausgeschwemmt ist, zu einem grossen Teil aus lössähnlichem Molassesand besteht, der nach kölischer Umlagerung einen typischen Löss abgegeben hätte. Bei unseren Lagerungsverhältnissen ist jedoch wahrscheinlicher, dass das Material durch die *Thur* umgelagert worden sei, ohne das Zwischenglied der kölischen Verfrachtung passiert zu haben.

²⁾ *Wegelin*, Kleinere Mitteilungen, Mitteil. der thurgauischen nat. Ges. Heft XV. 1902. Seite 61.

Ablagerung des Lehmcs von zu verschiedenen Zeiten hier passierenden Tieren zurückgelassen worden zu sein.

Nach zuverlässigen Erkundigungen sollen ähnliche Hufeisen auch im Lehm an der *Thur* bei *Gütighausen* 4 km. östlich von *Andelfingen* vorkommen. Herr Sek.-Lehrer *Freitag* in *Ossingen* hatte die Güte, mir 4 Exemplare zur Verfügung zu stellen, die im Torf am *Hausersee* ausgegraben wurden. Eines derselben ist durch grosse Nagellöcher und das Fehlen jeder Stollenansätze gekennzeichnet und kann schon der Römerzeit angehören. Wie weit auch die 6 untersuchten Hufeisen in bezug auf Anlage der Stollen und Nagellöcher je nach der Entwicklung der Schmiedekunst zur Zeit ihrer Herstellung auseinandergehen, in ihrer Grösse stimmen sie innerhalb enger Grenzen überein; in der Reihenfolge nach dem Alter geordnet, zeigen sie folgende Dimensionen:

Breiten:	9,8	10,5	10,3	9,4	9,7	9,4 cm.
Längen:	11,2	10,5	11	12,5	11,5	12,3 „

In der Dorfschmiede zu *Birmensdorf* mass ich an den Hufeisen Längen von 15—20,2 cm. und Breiten von 14,5—15,5 cm., wir haben also gegenwärtig einen viel grösseren Pferdeschlag als in früheren Zeiten. Schon die Pferde der Bronzezeit (Bronzepferd von *Auvernier*) sowie das helvetisch-gallische Pferd der Eisenperiode von *La Tène* waren durch geringe Grösse und zierliche Extremitätenknochen charakterisiert¹⁾. Aus unseren Hufeisen zu schliessen, scheint sich das Pferd bei uns durch die Römerzeit bis über das Mittelalter hinaus in ähnlichen Proportionen erhalten zu haben, um erst in den letzten Jahrhunderten von einer grösseren Rasse zum grössten Teil verdrängt zu werden.

2. Das Tösstal

ist, wie wir schon auf Seite 93 ausgeführt haben, von *Steg* an abwärts die Schmelzwasserrinne des Gletscherrückzugsstadiums von *Gübswil* oberhalb *Turbental*. In diesem Tal haben sich nach dem Erlöschen des Gletscherflusses die von Talabhängen zufließenden Wasser gesammelt, um gemeinsam als *Töss* zum *Rhein* zu gelangen, ohne wesentliche Veränderungen der vorgebildeten Rinne zu bewirken, wenigstens im Mittellauf.

Infolge der Tiefenerosion des *Rheines* während der Postglacialzeit musste sich die *Töss* an ihrer Mündung in die letzte Rückzugsterrasse zirka 50 m. tief einschneiden, wenn sie nicht in einer Stufe münden wollte. Diese Tiefenerosion

¹⁾ J. Marek, Das helvetisch-gallische Pferd und seine Beziehungen zu den prähistorischen und recenten Pferden. Abhandl. der schweiz. paläont. Ges. Vol. XXV (1898). S. 38.

hat sich vom *Rheine* her nach oben fortgepflanzt und ist so bis zu der Ortschaft *Töss* flussaufwärts gewandert. Von hier bis zur Mündung hat daher der Fluss ein stärkeres Gefälle als die Terrasse¹⁾.

3. Das Glatttal

hat seit dem Rückzug der Gletscher in seinem oberen Teil, von *Greifensee* bis *Niederglatt*, seine Physiognomie wenig geändert. Heute noch treibt sich der Fluss auf dieser Strecke auf dem Boden, den die Gletscher bei ihrem Rückzug hinterlassen haben, herum, ohne sich wesentlich einzuschneiden; infolge seines geringen Gefälles (*Greifensee* — *Niederglatt* 1,05 ‰, von *Rümlang* — *Oberglatt* sogar nur 0,88 ‰) neigt er hier eher zur Akkumulation, was zu zahlreichen Verheerungen des ganzen Talbodens und zur Versumpfung desselben führte. Infolgedessen musste hier der *Glatt* durch Anlage eines künstlichen Kanals für besseren Abfluss gesorgt werden²⁾.

Nur im Unterlauf hat die *Glatt* in der Postglacialzeit durch Tiefenerosion gearbeitet. An der Vereinigung von *Rhein* und *Glatt* hat sich der Hauptfluss 35 m. tief unter die jüngste Terrasse der letzten Vergletscherung eingeschnitten, und auch die *Glatt* musste ihre Sohle entsprechend in die Tiefe verlegen, um sich mit dem Haupttal gleichsohlig einzustellen. Beim Einschneiden in die Terrasse hat aber die *Glatt* von der Fabrik *Letten*, 1,5 km. nordwestlich *Glattfelden*, bis zur Mündung ihre alte mit Schotter ausgefüllte Rinne gefehlt, und musste sich hier durch Molassefelsen ein schmales, schluchtartiges (epigenetisches) Tal graben, die *Glattmündung* wurde dadurch 0,6 km. oberhalb den Vereinigungspunkt der interglacialen Flüsse verschoben; nur der Grundwasserstrom des *Glatttales* fliesst noch auf der Bahn des alten Tales dem *Rheine* zu. Vom *Letten* an aufwärts fällt das postglaciale *Glatttal* mit der alten Rinne zusammen, die Schotter der letzteren waren natürlich hier leicht abzutragen; dem entsprechend schwillt zwischen dem *Letten* und *Glattfelden* die Breite des postglacialen Tales auf 0,6 km. an, um beim Durchbruch durch den äussern Moränenkranz der letzten Vergletscherung bei *Schachen* wieder auf 0,2 km. zusammenzuschrumpfen. Das Rückwärtseinschneiden der *Glatt* vom *Rheine* her, was ohne Zweifel durch den Molasseriegel an der Mündung erschwert wurde, ist erst

¹⁾ Gefälle von *Pfungen* — Mündung für die Terrasse 3—3,6 ‰, den Fluss 5,4 ‰.

²⁾ Die Korrektion wurde bei *Oberglatt* 1817, *Oberglatt-Rümlang* 1819, *Rümlang-Glattbrugg* 1825—1830 durchgeführt, und 1887 ist die oberste Strecke *Dübendorf-Greifensee* in Angriff genommen worden. Die Gesamtkosten beliefen sich auf Fr. 2,573,240. 96. (Geogr. Lexikon der Schweiz, Bd. II, S. 345. Neuenburg 1904.)

bis nach *Niederglatt* aufwärts gewandert, so dass sich das Gefälle fast ganz auf den Unterlauf konzentriert (*Niederglatt* — *Hochfelden* 2,66 ‰, *Hochfelden* — *Mündung* 7 ‰, *Glattfelden* — *Mündung* sogar 8,5 ‰).

Die *Glatt* führte bei einem Einzugsgebiet von 411 km² im Winter 1906/07 eine minimale Wassermenge von nur 2 m³, wir müssen dabei aber berücksichtigen, dass infolge der Schotterverhältnisse des *Glatttales* ziemlich viel Wasser ungesehen als Grundwasser abfließt. Die maximale Wassermenge belief sich im September 1852 auf 40 m³, als Durchschnitt wird man 6—7 m³ annehmen dürfen.

G. Geologische Geschichte unseres Untersuchungsgebietes vom Ende der Tertiärzeit bis auf die Gegenwart.

Im Folgenden werde ich versuchen die Ergebnisse der vorliegenden Arbeit zu einer geologischen Geschichte zusammenzustellen, wobei ich das Hauptgewicht auf die mannigfaltigen Wandlungen der hydrographischen Verhältnisse während des Eiszeitalters verlegt habe:

Nachdem die salzigen Fluten des Jura- und Molassemeeres sich zurückgezogen hatten, prangte unser Gebiet zur Zeit der Ablagerung der **oberen Süsswassermolasse** im üppigsten Gewande subtropischer Vegetation. Hätte uns damals eine Laune des Schicksals vergönnt, von den Höhen des *Randen* einen Blick gegen SW auf das Molasseland zu unseren Füßen zu werfen, so hätte sich unser staunendes Auge an den wechselnden Farben eines üppigen, von Seen und Sümpfen durchsetzten Urwaldes weiden können. Majestätisch wiegten ahornähnliche Platanen und immergrüne Lorbeerbäume ihre stolzen Kronen in den Lüften und in dem Dickicht des Waldes trieben sich Herden von Mastodon und Rhinoceros umher.

Doch am Himmel dämmerte schon die Morgenröte einer neuen Zeit, die mit ihrem eisigen Hauch alle die blühenden Kinder des Südens ersterben machte — **das Eiszeitalter**.

Auf die präglaciale Landesoberfläche, die wir uns als ein breites, ebenes Tal mit einer Sohlenhöhe von 600—670 m. zwischen *Randen* und *Lägern* zu denken haben, schoben sich von den *Alpen* die Eismassen der **I. Eiszeit** bis nahe an *Stadlerberg* und *Irchel* vor. Die am Rande des Inlandeises abströmenden Gletscherwasser haben auf die eisfreien Gebiete eine zusammenhängende, 20—40 m. mächtige Schicht von fluvioglacialem Kies, den obern Deckenschotter, aufgeschüttet.

In diese öde Kiesfläche, die den grössten Teil unseres Gebietes eingenommen zu haben scheint, haben die Flüsse der **I. Interglacialzeit** ihre breitsohligen Täler eingetieft; so ist damals ein 7 km. breites *Glatttal* entstanden,

dessen Sohle zirka 120 m. über dem Niveau des heutigen *Rheines* gelegen haben muss. Ein zweites Tal war zwischen *Irchel* und *Schienerberg*, ein drittes breitete sich zwischen *Schienerberg* und *Randen* aus und hat seine Wasser durch den *Klettgau* abfliessen lassen.

Nach dieser I. Periode der Talbildung hat die **II. Vergletscherung** ihre Eisströme im *Rheintal* bis nach *Stammheim* vorrücken lassen (im *Glatttal* lässt sich die Grenze nicht bestimmen). Die Schmelzwasser dieser Eiszeit haben die vorher gebildeten Talböden durch Aufschüttung des jüngern Deckenschotter um 20—40 m. erhöht.

In der darauffolgenden **II. Interglacialzeit** hat sich der *Rhein* oberhalb des Rheinfalles 30 m., vielleicht bis 40 m., und unterhalb desselben mindestens 11 m. unter das heutige Flussniveau eingeschnitten. Auf der Strecke von *Schaffhausen* bis *Kaiserstuhl* hat der Fluss die starken Kurven des heutigen Laufes fast überall abgeschnitten und floss so ziemlich in gerader Linie von *Feuerthalen* über *Flurlingen*, *Neuhausen*, *Neu-Rheinau*, durch das *Rufzerfeld* gegen die Station *Hüntwangen-Wil*, schwenkte oberhalb der *Glattmündung* nach rechts gegen das *Rufzerfeld* ab, setzte bei *Herdern* wieder auf die linke *Rhein*-seite über und zeigte dann bis unterhalb *Zurzach* nur unbedeutende Abweichungen von der heutigen Flussrichtung.

Die *Randengebiete* waren damals durch die *Durach* entwässert, welche über *Merishausen*, *Schweizersbild* floss und oberhalb *Schaffhausen* in den *Rhein* mündete. Auch die *Thur* scheint damals ein mit dem *Rhein* gleichsohliges Tal gehabt zu haben, das nur unterhalb *Andelfingen* auf eine kurze Strecke von der heutigen Talrichtung nach rechts abgewichen ist. Vom *Tösstal* haben wir aus jener Zeit noch keine Kunde, aber das *Glatttal* war von einem Flusse belebt, der, nach der Breite des Tales zu schliessen, dem damaligen *Rheine* wenig nachstand. Die Talsohle war bei *Glattfelden* 21,5 m. tiefer als das Niveau der heutigen *Glatt*, und die Vereinigung mit dem *Rhein* war 0,6 km. westlich der heutigen *Glattmündung*.

Diese Periode der intensivsten Talbildung wurde durch die grösste, die **vorletzte Vergletscherung** abgelöst. Schon bevor das Eis bis zu uns vorgestossen war, mussten grosse Mengen von Schotter (Hochterrassenschotter) abgeschwemmt werden, welche die alten Täler ausfüllten. Selbst die höchsten Anhöhen, *Irchel* und *Stadlerberg*, unter sich begrabend, drangen die Eismassen des Linthgletschers über das *Rufzerfeld* und durch die Lücke von *Bühl* nach *Hallau* bis in den *Klettgau* vor, der auch durch den Rheingletscher von *Schaffhausen* her überflutet wurde. Selbst das *Rheintal* war damals bis nach *Möhl* im *Baselland* vom Eise ausgefüllt.

In die Schottermassen dieser Eiszeit haben sich die Flüsse der **III. letzten Interglacialzeit** neuerdings eingeschnitten, aber wahrscheinlich nicht so tief wie in der vorangehenden Tiefenerosionsperiode.

Die trockenen Steppenwinde dieser Periode haben aus den abgelagerten Grundmoränen und wohl auch aus der Molasse den feinen Sand ausgeblasen und auf den Schotterfeldern der vorangehenden Eiszeit als Löss abgesetzt.

Nach den Aufschlüssen der *Flurlinger* Tuffe muss sich während eines andern Zeitabschnittes der letzten Interglacialzeit unsere Gegend eines Klimas erfreut haben, das dem heutigen ähnlich war. Die Landschaft war von Wäldern mit Bergahorn, Buchsbaum und Weisstannen geschmückt, in denen sich noch das *Rhinozeros Merki* umhertrieb.

In der **letzten, IV., Eiszeit** finden wir die Grenze des Gletschereises auf der Linie *Randen, Enge-Neuhausen, Jestetten, Lottstetten, Buch, Rorbas, Windlach, Schöfflisdorf*; das Eis ist also bei diesem Vorstoss bei weitem nicht so weit vorgedrungen als bei der vorhergehenden III., grössten Vergletscherung, aber etwas weiter als bei der I. und II. Eiszeit. Zur Zeit der maximalen Ausdehnung des Eises flossen durch den *Klettgau*, das *Wangental*, das *Rafzerfeld*, das untere *Tösstal*, das *Eglisauer-Glatttal*, heutiges unteres *Glatttal*, *Windlachertal*, das bei *Kaiserstuhl* in den *Rhein* mündende *Bachsertälchen* und das von *Schöfflisdorf* über *Niederweningen-Tegerfelden* bei *Döttingen* sich mit dem *Aaretal* vereinigende *Surbtal* starke Ströme von trüber Gletschermilch vom Rande des gewaltigen Eismeeres ab. Die Oberfläche des letzteren war an der äussern Grenze zirka 500 m. hoch, und stieg nur 21 km. alpeneinwärts (am *Schauenberg* bei *Elgg*) schon zu 870 m. an.

Nach der Breite der gebildeten Schotterfelder zu schliessen, scheint das Eis längere Zeit auf der Linie der maximalen Ausdehnung stehen geblieben zu sein. Unmittelbar beim Rückzug des Eises aus dieser Stellung sind die Schmelzwasserströme des *Klettgau*, eines Zweiges des *Wangentales*, des *Eglisauer-Glatttales*, des *Windlacher-*, *Bachser-* und *Surbtales* erloschen, und etwas später sind auch die letzten Wasseradern des *Wangentales* (*Klaffental*) und des *Rafzerfeldes* ausgeschaltet worden.

Während vorübergehenden Rückzugsstadien bei *Thayngen* und *Bietingen* ist ein Schmelzwasserstrom des Rheingletschers durch das *Fulachtal* gegen *Schaffhausen* abgeflossen.

Im *Glatttal* sind beim Rückzug des *Linthgletschers* von seinem maximalen Stand alle Abflussrinnen ausgeschaltet worden, mit Ausnahme der Rinne der heutigen *Glatt*, auf welche sich sämtliche Schmelzwasser konzentrierten. Die Eismassen des *Linthgletschers* auf den Anhöhen zwischen *Glatttal* und *Tösstal*

schickten zur Zeit ihres Rückzugsstadiums bei *Brütten* einen Fluss gegen *Embrach* ins *Tösstal*. Eine weitere Rückzugsbewegung verlegte hier das Gletscherende nach *Effretikon-Kempttal*, die Schmelzwasser flossen damals über *Lindau-Nürens Dorf* dem *Glatttal* zu ¹⁾. In letzterem hat zur Zeit eines Rückzugsstadiums bei *Dietlikon-Eichmühle-Baltenswil* auch ein Gletscherstrom über *Bassersdorf-Kloten* existiert, der sich bei *Rümlang* mit den Schmelzwässern des heutigen *Glatttales* vereinigte.

Wahrscheinlich schiebt sich zwischen diesen allgemeinen Rückzug ein vorübergehender, in der Umgebung von *Schaffhausen* an der Überlagerung der Niederterrassen mit Moränen und im untern *Thurtal* an der Bildung von Drumlin zu erkennender Vorstoss ein, der sich freilich nicht genau lokalisieren lässt.

Typisch ausgeprägt ist dagegen ein Rückzugsstadium 9—20 km. innerhalb der äusseren Grenze der letzten Vergletscherung. Der durch diesen allgemeinen Stillstand auf der ganzen Linie der Eismassen vom Rheingletscher gebildete Endmoränenwall (innerer Kranz der Jung-Endmoränen) lässt sich von *Arlen* über *Stein a. Rh.*, *Stammheim*, *Ossingen*, *Dätwil* bei *Andelfingen*, *Thalheim*, *Wiesendangen*, *Hagenbuch*, *Elgg*, *Aadorf* fast ununterbrochen verfolgen und der Saum des Linthgletschers jener Zeit wird uns durch die Endmoränen bei *Seen*, sowie durch die den *Pfäffiker-*, *Greifen-* und *Zürichsee* an ihrem untern Ende einfassenden Moränenwälle gekennzeichnet. Den einzelnen Gletscherzungen entquollen Schmelzwasserströme durch Täler, die heute meistens nur noch ganz unbedeutende Gewässer beherbergen, z. B. aus der Gegend von *Singen* gegen *Hemmishofen* an den *Rhein*, von *Stammheim* gegen *Diessenhofen*; bei *Winterthur* vereinigten sich drei grössere Gletscherbäche, von *Wiesendangen*, *Elgg* und *Seen*, und auch das *Kempttal* diente damals als Abflussrinne bis eine weitere Besserung der klimatischen Verhältnisse die Eismassen auch aus dieser Stellung zum Rückzug veranlasste, wodurch die vorhin genannten Schmelzwasserströme ausgeschaltet wurden.

Innerhalb der durch dieses Rückzugsstadium gebildeten, fast überall ziemlich mächtigen Endmoränenbogen, deren Form uns noch die Kontur der ent-

¹⁾ Dieses Rückzugsstadium, das ich erst nach Drucklegung des Kapitels über die letzte Eiszeit, bei Gelegenheit einer Expertise, genauer untersuchen konnte, ist uns durch vier niedrige Endmoränenwälle zwischen *Grafstall* und *Lindau* (T. A. Bl. 67) gekennzeichnet. Mit der äussersten Moräne (*Büchli* 536, *Laubisgrüt*, *Helgenbühl* 548 m.) steht gegen W ein breites Schotterfeld in Verbindung, das durch zwei Kiesgruben gut aufgeschlossen ist. Nach Grundwasserbohrungen bei *Lindau* ist der Schotter hier mindestens 8 m. mächtig. Das Schotterfeld, resp. der abgelagerte Schmelzwasserstrom, zieht sich von *Lindau* über *Nürens Dorf*, um bei *Bassersdorf* ins *Glatttal* einzumünden.

sprechenden Gletscherzunge wiedergibt, hat der sich weiter zurückziehende Gletscher ziemlich tiefe, nach unten durch die Moränen abgeschlossene Wannen hinterlassen, die zum Teil heute noch von Seen eingenommen sind; die *Nussbaumer* Seengruppe, der *Pfäffiker*-, *Greifen*- und *Zürichsee* gehören alle dieser Zone an. In denjenigen Tälern, die jeweilen beim Rückzug aus einer Stellung nicht trockengelegt, sondern auch weiterhin als Abflussrinne benutzt wurden, mussten sich die Schmelzwasser in die vorher gebildeten Schotterfelder einschneiden; dabei haben die Flüsse nicht immer die alte, mit Schotter ausgefüllte Rinne getroffen, und kamen so bei der Tiefenerosion auf anstehenden Fels, wodurch epigenetische Talstücke mit grösserem Gefälle entstanden. So ist der *Rhein* kurz nach der maximalen Ausdehnung des Gletschers vom *Rafzerfeld* auf das schmale Tal am *Irchel* geraten, beim Rückzug von *Langwiesen* hat der Fluss am *Rheinfall* seine alte Rinne verfehlt und über die Felsen zu rauschen begonnen, und beim Rückzug von *Diessenhofen* ist der *Rhein* auch bei *Rheinau* auf den heutigen abenteuerlichen Abweg gekommen.

Die allmählich eisfrei werdenden Gebiete mussten mit ihren trümmerbedeckten, zum Teil auch kahlgeschauerten Molasserücken und ihren ausgedehnten Kiesebenen einen trostlosen Anblick gewähren. Die Winde wirbelten den trockenen Molasse- und Grundmoränensand auf und lagerten ihn stellenweise (*Andelfingen*) als postglacialen Löss ab. Auf den Talböden der beim Gletscherrückzug trocken gelegten Abflussrinnen wurde von den Abhängen Lehm aufgeschwemmt, zu einer Zeit, als noch Mammut und Rentier an das scheidende Eiszeitalter erinnerten und sich am *Kesslerloch* bei *Thayngen* die ersten Vertreter des Menschengeschlechtes ansiedelten. In den schmalen Trockentälern bildeten sich infolge der Abdämmung durch die Schuttkegel der Seitenbäche Seen (*Wangental*), die mit den innerhalb der Endmoränenbogen entstandenen Stauseen und den zahlreichen kleinen, in den Vertiefungen der unregelmässigen Moränenlandschaften und den Wannen zwischen den Drumlin sich sammelnden Wasserbecken etwas Abwechslung in das öde Landschaftsbild brachten. Die Mehrzahl dieser kleinen Seen sind seither durch Verlandung erloschen; wie aus Flurnamen und alten Karten hervorgeht, fällt ein Teil dieser Vorgänge in die historische Zeit, zum Teil sogar erst in die letzten zwei Jahrhunderte (*Amtweiher* bei *Ossingen* etc.).

Die Flüsse der Postglacialzeit haben sich auf der Bahn, welche ihnen durch die Schmelzwasser der sich vom innern Moränenkranz noch weiter zurückziehenden Gletscher bereits vorgezeichnet war, noch weiter in die Tiefe eingeschnitten. Wo sie dabei infolge der Verschiebung auf den Terrassen der letzten Eiszeit auf anstehenden Fels kamen, bildeten sie nur ein schmales,

schluchtartiges Tal aus (*Rhein* am Rheinfeld, bei *Rheinau*, am *Irchel*, an der *Glattmündung*, die *Glatt* an ihrer Mündung), während da, wo altes und neues Tal miteinander zusammenfielen, ausgeprägte Talweiten entstanden (*Rhein* bei *Ellikon*).

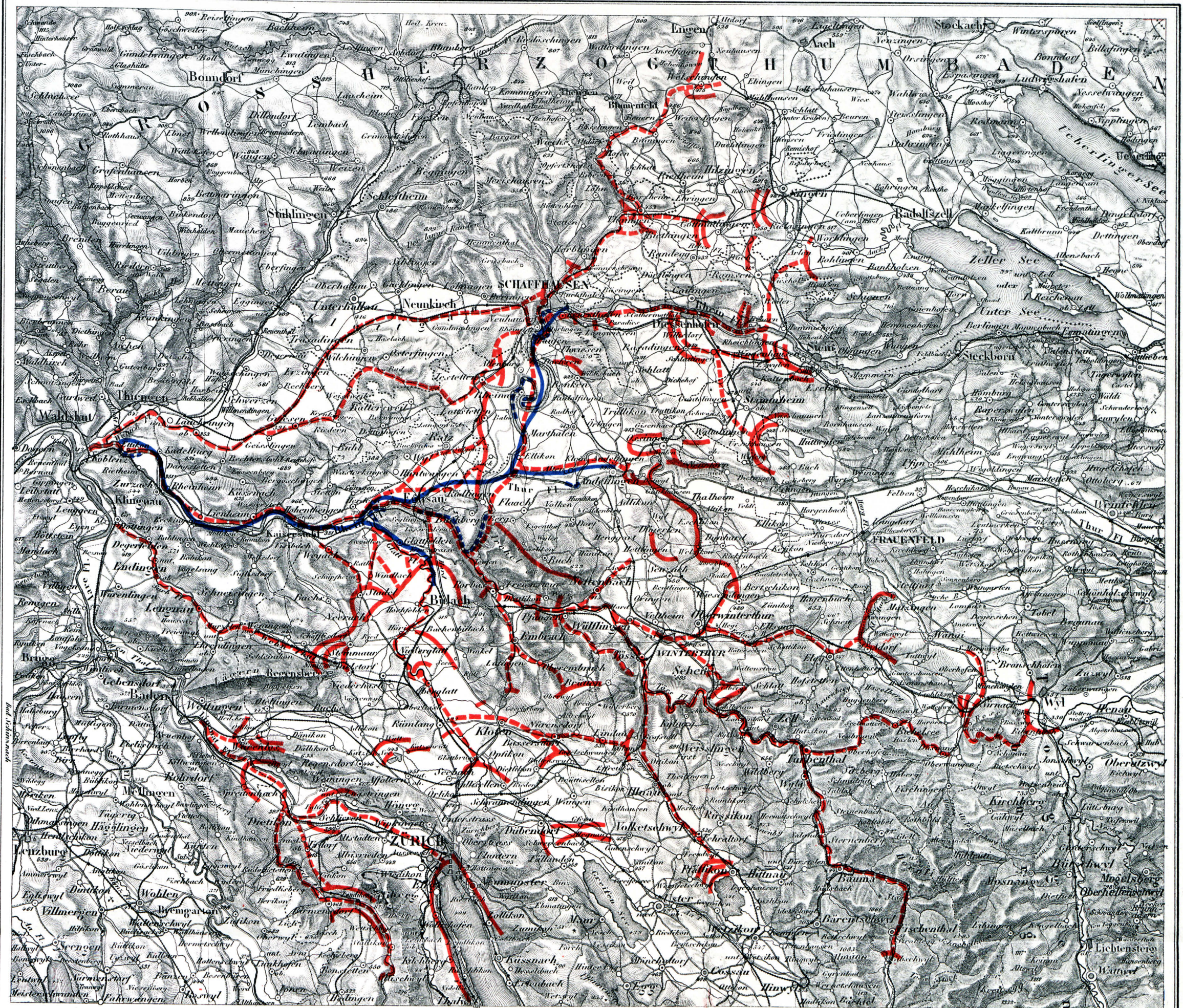
Bei *Neuhausen* haben die harten Kalkfelsen die Tiefenerosion ungemein erschwert; während flussabwärts in den weicheren Materialien das Einschneiden leichter von statten ging, der Gefällsbruch wurde deshalb immer höher, und immer wilder mussten sich die grünen Fluten schäumend über die Felsen wälzen, so dass heute ihre eintönige Melodie sich in stillen Nächten weit umher hören lässt, als ob sie ihr Klagelied über die Verunstaltung ihrer Naturschönheit durch die industriellen Anlagen singen würden.

Übersichtskarte der Abflussverhältnisse im Eiszeitalter.

1: 250.000

Beiträge zur geolog. Karte der Schweiz. Neue Folge Liefg. XV

Tafel I.



ÜBERDRUCK AUS GENERALKARTE 1:250.000
SCHWEIZ. LANDESTOPOGRAPHIE

J. HUG 1907

HOFFER & CO ZÜRICH

— Interglaciale Täler (II. Interglacialzeit)

..... Epigenetische (von den interglacialen Tälern abweichende) Talstücke
der heutigen Flüsse.

(Moränen der letzten Vergletscherung

--- Abflussrinnen der letzten Vergletscherung

--- Verbindung einer Terrasse mit der entsprechenden Moräne.

Publikationen

der

Schweizerischen geologischen Kommission.

Gedruckt auf Kosten der schweizer. Eidgenossenschaft.

1907.

Sämtliche Publikationen hat die Buchhandlung **A. Francke** (vorm. Schmid & Francke) in **Bern** kommissionsweise im Verlag. Bestellungen können bei ihr direkt oder durch jede andere Buchhandlung gemacht werden. Bei grössern Bestellungen treten folgende Vergünstigungen ein:

a) bei einer Bestellung von über Fr. 100: 10 % Rabatt.

b) " " " " " " " 200: 20 % " .

I. Geologische Karte der Schweiz in 1 : 100,000

in 25 Blättern

auf Grundlage der Dufourkarte.

