

Zeitschrift: Mémoires de la Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles.
Géologie et géographie = Mitteilungen der Naturforschenden
Gesellschaft in Freiburg. Geologie und Geographie

Herausgeber: Société Fribourgeoise des Sciences Naturelles

Band: 10 (1923-1927)

Heft: 2: Morphologische Untersuchungen am Alpenrand zwischen Aare und
Saane : Freiburger-Stufenlandschaft

Artikel: Morphologische Untersuchungen am Alpenrand zwischen Aare und
Saane : Freiburger-Stufenlandschaft

Autor: Gerber, Paul

DOI: <https://doi.org/10.5169/seals-307121>

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.01.2026

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

V. X, F. 2. GÉOLOGIE ET GÉOGRAPHIE B. X, H. 2.

MÉMOIRES
DE LA
SOCIÉTÉ FRIBOURGEOISE
DES
SCIENCES NATURELLES



MITTEILUNGEN
DER
NATURFORSCHENDEN GESELLSCHAFT
IN
FREIBURG (SCHWEIZ)



**Morphologische Untersuchungen
am Alpenrand
zwischen Aare und Saane
(Freiburger-Stufenlandschaft)**

von

Dr. Paul Gerber.



FRIBOURG (SUISSE)
IMPRIMERIE FRAGNIÈRE FRÈRES

—
1927

Meiner lieben Frau gewidmet.

Inhaltsverzeichnis.

| | Seite |
|---|-------|
| Vorwort | 125 |
| Verzeichnis der benützten Literatur | 127 |
| Verzeichnis der benützten Karten, Profile, Panoramen | 130 |
| Verzeichnis der vom Verfasser erstellten Pläne, Profile, Berechnungen | 131 |
| Einleitung | 133 |
| Geschichtliches | 135 |
| Problemstellung | 141 |
| Die Freiburger Stufenlandschaft von Cressier aus gesehen | 142 |
| Karte der Freiburger Stufenlandschaft | 146 |
| Die relative Altfläche I (Molasseland) | 149 |
| Die untere Steilstufe | 152 |
| Die relative Altfläche II (Berrafläche) | 159 |
| Die obere Steilstufe | 163 |
| Die relative Altfläche III (Stockhornflur) | 167 |
| Vorläufiges Ergebnis | 171 |
| Vergleich mit Nachbargebieten | 171 |
| Ergebnisse aus dem Vergleich mit Nachbargebieten und 1. Hauptergebnis | 175 |
| Flächen und Stufen innerhalb der Stockhornkette | 176 |
| Zusammenfassung und 2. Hauptergebnis | 180 |
| Talbildung innerhalb des Heitniveau (Berrafläche) | 182 |
| Graphische Studien über die Talbildung im Stockhorngebiet | 183 |
| Flächenzuwachstabelle der Stockhornkette | 191 |

Vorwort.

Triangulationsarbeiten für die Vermessung des Berner-Oberlandes beschäftigten mich während 2 Sommern im Alpenrandgebiet Guggisberg-Stockhorn und in der Niesenkette.

Die kühnen und manigfaltigen Bergformen erweckten damals in mir ein tiefes Interesse für morphologische Fragen. Nachdem ich in den folgenden Jahren regelmässig meine Ferien mit Wanderungen und Studien in dem mir liebgewordenen Berglande zugebracht hatte, beschloss ich, in einer Arbeit einen Beitrag zur Erforschung dieses Gebietes zu leisten.

Für die genaue Problemstellung wandte ich mich an Herrn Dr. Paul Beck, Geolog in Thun, der als Mitarbeiter der geologischen Karte der Schweiz eben seine geologische Neuaufnahme des Ostendes der Stockhornkette abschloss und sich speziell mit Alpenrandstudien beschäftigte. Er unterstützte meine Arbeit in liebenswürdiger Weise, indem er mir aus dem reichen Schatz seiner langjährigen geologischen Beobachtungen im Stockhorngebiet manch wertvollen Beitrag gab. Ich spreche ihm deshalb hier meinen besondern Dank aus.

Mein geschätzter Geographielehrer Herr Prof. Paul Girardin in Freiburg hat meinen Arbeiten fortwährend ein lebhaftes Interesse entgegengebracht, wofür ich ihm wärmstens danke. Zu Dank verpflichtet bin ich auch Herrn Prof. Dr. R. de Girard in Freiburg, für seine anregende Einführung in die Geologie und Herrn Dr. E. Gerber

in Bern für die mir in liebenswürdiger Weise zur Verfügung gestellten Molasseprofile des Gurnigelgebietes.

Endlich möchte ich nicht unterlassen, auch den Sennen und freundlichen Wirtsleuten zu danken, die mir anlässlich der Triangulationsarbeiten und später bei meinen vielen Wanderungen bereitwillig Obdach gewährten. Gerne denke ich an die heimeligen Plauderstunden, die wir abends am Herdfeuer (« Fürgrüble ») verbrachten, wo bei einem gemütlichen Pfeifchen manch alte ungeschriebene Geschichte erzählt wurde.

Anmerkung.

Vorliegende Arbeit wurde mit sämtlichen Beilagen im Sommersemester 1924 der Math. Naturw. Fakultät in Freiburg (Schweiz) eingereicht und am 19. März 1925 vom Verfasser in einem Vortrag der Naturf. Gesellschaft in Freiburg bekannt gegeben. Siehe das gedruckte « Procès-Verbal » № 9, 1924-25: « Le Paysage fribourgeois en escaliers » (Etudes graphiques de la morphologie du bord des Alpes entre la Sarine et l'Aar). Ein analoger Auszug ist im Jahr 1926 anlässlich der 107. Jahresversammlung der Schweiz. Naturf. Gesellschaft in der Festschrift « Friburgensia » erschienen (pag. 30-41). Der gleiche Auszug wird auch noch in dem « Bulletin » der Naturf. Gesellschaft in Freiburg (vol. XXVIII, 1927,) erscheinen.

Literatur.

1. B. AEBERHARDT: *Déviation de quelques cours d'eau pendant la période quaternaire* (Eclogae geol. helv. 1909. Vol. X № 6, p. 745.)
2. — *L'ancien glacier de l'Aar et ses relations avec celui du Rhône* (Eclogae geol. helv. 1912. Vol. XI № 6, p. 752.)
3. E. BÄRTSCHI: *Beiträge zu einer Morphologie des westschweiz. Mittellandes.* (Inaug. Diss. Bern 1913.)
4. P. BECK: *Beiträge zur Geologie der Thunerseegebirge.* (Inaug. Diss. Bern 1911.)
5. — *Grundzüge der Talbildung im Berner Oberland.* (Eclogae geol. helv. 1921. Vol. XVI № 2, p. 139-176).
6. — *Nachweis, dass der diluviale Simmegletscher auf den Kander-Aaregletscher hinauffloss.* (Mitteil. d. naturf. Ges. Bern, Sitzung v. 15. I. 1921.)
7. — *Über autochthone und allochthone Dislokationen in den Schweizeralpen und ihrem nördl. Vorland.* (Eclogae geol. helv. 1922. Vol. XVII № 1, p. 94-111.)
8. — *Der Alpenrand bei Thun.* (Eclogae geol. helv. 1922. Vol. XVII № 3, p. 318-323.)
9. — *4 halbschematische Sammelprofile* durch die Stockhorngruppe. (Exkursion B der Schweiz. Geol. Ges. in das Gurnigel-Stockhorngebiet 1922.)
10. E. BRÜCKNER (Penck und Brückner): *Die Alpen im Eiszeitalter* 1909.
11. O. BÜCHI: *Geologische Untersuchungen im Gebiete der Pré-alpes externes zwischen Valsainte und Bulle.* (Inaug. Diss. Zürich 1923.)
12. H. BUESS: *Über die subalpine Molasse im Kanton Freiburg.* (Inaug. Diss. Freiburg Schweiz, 1920.)
13. C. CALCIATI: *Les méandres de la Sarine.* (Inaug. Diss. Freiburg Schweiz, 1910.)
14. E. GERBER: *Molasseprofile zwischen Bielersee und Gurnigel.* (Mitteil. d. Naturf. Ges. Bern, Sitzung vom 13. April 1918.)
15. — *Beitrag zur Geologie des Gurnigels.* (Mitteil. d. Naturf. Ges. Bern, Sitzung vom 12. Nov. 1921.)
16. — *Über die subalpine Molasse zwischen Aare und Sense.* (Mitteil. d. Naturf. Ges. Bern 1922, p. 218.)

17. V. GILLIÉRON: *Alpes de Fribourg en général et Montsalvens en particulier.* (Mat. pour la carte géol. de la Suisse, 12^e livraison, 1873.)
18. — *Description géologique des territoires de Vaud, Fribourg et Berne.* (Mat. pour la carte géol. de la Suisse, 18^e livraison, 1885.)
19. R. DE GIRARD: *Notions de Géologie générale fondées sur l'étude du sol fribourgeois,* 1916.
20. P. GIRARDIN: *Le modelé du plateau suisse à travers les quatre glaciations.* (Revue de Géographie annuelle, t. I. 1906-1907, p. 339-371.)
21. E. GOGARTEN: *Über alpine Randseen und Erosionsterrassen, im besonderen des Linthtales.* (Inaug. Diss. Zürich, 1910.)
22. ALBERT HEIM: *Talstufen und Terrassen in den Alpentälern.* (Mitteil. d. Naturf. Ges. Zürich 1878.)
23. — *Über die Erosion im Gebiet der Reuss* (Jahrbuch des Schweiz. Alpenklub 1879.)
24. — *Geologie der Schweiz:*
Band. I. 1919. Molasseland und Juragebirge.
» II. 1. 1921. Die Schweizer Alpen (erste Hälfte).
» II. 2. 1922. Die Schweizer Alpen (zweite Hälfte).
25. — *Über die Gipfelflur der Alpen.* (Geol. Nachlese. Mitteil. d. Naturf. Ges. Zürich 1922.)
26. ARNOLD HEIM: *Zur Geologie des Mont Bifé.* (Montsalvens) am Freiburger Alpenrand. (Mitteil. d. Naturf. Ges. Zürich 1920.)
27. — *Beobachtungen am Mont Bifé* (Montsalvens) in den Pré-alpes externes. (Eclogae geol. helv. 1920 №4, p. 472-473.)
28. M. LUGEON et E. JÉRÉMINE: *Les bassins fermés des Alpes suisses.* (Bulletin № 17, Université Lausanne 1911.)
29. M. KONCZA: *Les cirques de montagnes.* (Alpes fribourgeoises et Tatra). Inaug. Diss. Freiburg Schweiz 1910.
30. G. MICHEL: *Contribution à l'étude des cours d'eau du plateau fribourgeois.* (Bull. soc. neuchâteloise de Géographie, t. XVIII, 1907.)
31. — *Les coudes de captures du pays fribourgeois.* (Inaug. Diss. Freiburg Schweiz, 1909.)
32. F. NUSSBAUM: *Die eiszeitliche Vergletscherung des Saanegebietes.* (Inaug. Diss. Bern, 1906.)
33. — *Die Landschaften des Bernischen Mittellandes* Bern, 1912.
34. A. PENCK: *Morphologie der Erdoberfläche.* (2. Teil 1894.)
35. PENCK und BRÜCKNER: *Die Alpen im Eiszeitalter,* 1909.
36. A. PENCK: *Die Gipfelflur der Alpen.* (Sitzungsberichte der preuss. Akad. d. W. 27. III. 1919.)

37. F. RABOWSKI: *Les Préalpes entre le Simmental et le Diemtigtal.* (Mat. pour la carte géol. suisse, 65^e livraison 1920.)
38. L. RÜTIMEYER: *Über Tal- und Seebildung,* Basel 1869.
39. H. SCHARDT: *Sur les cours interglaciaires et préglaciaires de la Sarine dans le canton de Fribourg.* (Eclogae geol. helv. 1920. Vol. XV № 4, p. 465-471.)
40. TARGIONI: *Voyage minéralogique en Toscane.* (Paris 1792.)
41. S. VAN VALKENBURG: *Beiträge zur Frage der präglazialen Oberflächengestalt der Schweizeralpen.* (Inaug. Diss. Zürich 1918.)

Benützte Karten, Profile, Panoramen.

1. *Geologische Karte der Schweiz*, 1: 100 000, Blatt 12 (Freiburg-Bern) von Gilliéron.
 2. *Geologische Karte Thun-Stockhorn*, 1: 25 000 von P. Beck und Ed. Gerber 1911-1922, Spezialkarte N° 96 der Beiträge der geol. Karte der Schweiz.
 3. Karte 1: 100 000, Überdruck, *Blatt « Thun »*.
 4. Karte 1: 50 000, Überdruck, *Blatt « Simmental »*.
 5. 4 photographische Vergrösserungen der Top. Karte 1: 25 000 und 1: 50 000 in den Massstab 1: 10 000. (Stockhorngebiet.)
 6. *Geologische Karte Simmental et Diemtigtal* 1: 50 000 von F. Rabowski, 1912 mit coupes en séries 1: 30 000.
 7. 29 *Geologische Profile durch das Ostende der Stockhornkette* von P. Beck 1918. Massstab 1: 15 000. (Geschenk an den Unterzeichneren.)
 8. 4 halbschematische Sammelprofile durch die Stockhornguppe von P. Beck 1922. Massstab 1: 25 000.
 9. Panoramen: *Guintzet* bei Freiburg (Imfeld); *Cressier* bei Murten (Juncker).
Gurten-Kulm bei Bern; *Ob. Gurnigel* (Stierlin-Hauser).
-

Vom Verfasser erstellte und als Arbeitsmaterial benützte Pläne, Profile, Berechnungen.

1. Panorama der freiburgischen Stufenlandschaft vom Guntzen aus (mit morpholog. Einzeichnungen).
 2. Panorama der freiburgischen Stufenlandschaft von Cressier aus (mit morphol. Einzeichnungen).
 3. Photopanoramen der Stufenlandschaft mit morpholog. Einzeichnungen:
 - a. vom Ochsen aus (Berraflur II);
 - b. vom Gurnigel aus (Zwischenfläche bei Guggisberg);
 - c. vom Selibühl aus (Unt. Steilhang, Berrafläche II, Erhaltene Rücken, Oberer Steilhang);
 - d. vom Morgetengrat aus (Stockhornflur III);
 4. Karte der Freiburger Stufenlandschaft 1: 100 000.
 5. 3 Querprofile der rekonstr. Stufenlandschaft, Längen 1: 100 000, Höhen 1: 50 000.
 6. 9 geologische Profile mit eingezeichneter rekonstr. Stufenlandschaft 1: 25 000.
 7. Ansicht der Stockhornflur III, in Parallelprojektion 1: 10 000.
 8. Top. Karte 1: 50 000, Blatt Simmental, mit eingezeichneten Altflächenresten.
 9. 4 Kartenvergrösserungen des Stockhorngebietes 1: 10 000 mit Einzeichnung der 41 berechneten Einzugsgebiete.
 10. 2 Hefte mit planimetrischen Berechnungen des Flächenzuwachses von 30 zu 30 m.
 11. 41 Talbildungsprofile (einzelne aufgetragen und ausgeschnitten).
 12. 2 Blätter mit 41 Talbildungsprofilen, Höhenschichten einzeln.
 13. 1 Blatt mit 5 Hauptgruppenprofilen und Gesamtprofil.
 14. Eine Anzahl Ansichten, und Flugzeugphotos.
-

Einleitung.

Betrachten wir von der Höhe des Guintzet (Pkt. △ 695) bei Freiburg den Alpenrand, so fällt uns eine eigenartige Dreiteilung der Landschaft auf.

Vor uns breitet sich, 2-3 Stunden weit, ein flachwelliges *Molasseland* aus, das nach Westen ins Waadtland und nach Osten ins Bernbiet übergeht und einen Teil des schweizerischen Mittellandes bildet. Bei näherem Zusehen bemerken wir, dass die höchsten Punkte dieser mittel-ländischen Molasselandschaft sich in eine Niveauplätze einordnen lassen. Wir wollen diese Niveauplätze kurzerhand mit *Niveau I* bezeichnen.

Dahinter steigen steile, bewaldete Hänge der Voralpen auf, die oben in runde Terrainformen übergehen. Es ist die *Flyschzone* der Berra-Gurnigelkette, die, obschon tiefdurchtalt, in ihren Gipfeln und Gräten sich in ein zweites Flächensystem einordnen lässt. (*Niveau II*).

Diese Zone wird ihrerseits überragt von den Zacken und Gräten der *Freiburger-Kalkalpen*: Moléson-Kaiseregg-Gantrisch-Stockhorn. Trotz ihrer verschiedenen Formen (Spitzen, Gräte, breite Rücken) und ungleichem geologischem Aufbau, ordnen sich auch diese Höhen in ein Flächensystem ein, das wir mit *Niveau III* bezeichnen wollen.

Wir erkennen also vom Guintzet aus eine *Stufenlandschaft*, (*paysage en escalier*), Fig 1, bestehend aus den 3 *Niveauplätzen*: I Molasseland, II Flyschzone, III Kalkalpen und getrennt durch je eine *Steilstufe* (*gradin*). Diese

eigentümliche Dreiteilung der *Freiburger Stufenlandschaft* ist bis jetzt weder in der geologischen, noch in der geographischen Literatur eingehend behandelt worden.



Fig. 1. — Schema der Freiburger Stufenlandschaft.

Da in diesen Niveauflächen aber zugleich auch wichtige *Probleme des Alpenrandes* versteckt sind, scheint mir eine spezielle Studie hierüber am Platze.

Geschichtliches.

Der Altmeister der Freiburger Geologie und vorzügliche Beobachter *V. Gilliéron* (Lit. 18. p. 1 & 2) schrieb 1885 unter dem Eindrucke dieser Landschaft.:

« Quand on contemple cette région, en la dominant du flanc du Jura, il semble qu'on ait devant soi un plateau incliné qui monte du lac de Neuchâtel aux Alpes ; les vallées assez profondes qui le creusent, étant dirigées au nord-est, on ne s'aperçoit presque pas de leur présence... Le spectacle est ainsi assez différent de celui qu'offre la Suisse centrale et orientale, où les vallées se dirigent des Alpes au Jura. Une autre circonstance contribue à rendre moins varié le tableau de notre région : c'est que le poudingue du pied des alpes, étant beaucoup moins développé qu'à l'orient, on n'y trouve que les représentants bien affaiblis du Napf, du Rigi et du Speer, de ces cimes dont les formes déjà hardies préludent à celles des Alpes d'une manière si harmonieuse. A leur place nous n'avons que la chaîne de Flysch de la Berra, dont les croupes plus arrondies forment le *premier gradin des Alpes*. En revanche, les cimes qui se dressent au-dessus, ne laissent rien à désirer sous le rapport du pittoresque et de la variété des formes. »

Der Berner Morphologe *F. Nussbaum* (Lit. 33) gliedert 1912 das Molasseland in 2 Hochlandzonen und 3 Tieflandgürtel, von denen der südliche im allgemeinen dem Fusse unserer untersten Steilstufe folgt. Das übrige, südlich ansteigende Gebiet, fasst er als « Altland » der Freiburger- und Emmenalpen zusammen und nennt den be-

züglichen Steilhang eine Schichtstufe oder « Cuesta ». Im übrigen berühren seine Ausführungen unser Problem nicht.

1918 veröffentlichte *S. van Valkenburg* eine Zürcher Dissertation: « Beiträge zur Frage der präglazialen Oberflächengestalt der Schweizeralpen » (Lit. 41). Er sucht darin die Frage zu beantworten: « Welche jetzigen Formen oder Formenreste können benutzt werden, um über die Gestaltung der präglazialen Oberflächengestaltung der Schweizeralpen einen Aufschluss zu geben ? » Er bespricht vorwiegend literarhistorisch den Taltrog, die Hängetäler, die Talterrassen, die *Gipfelhöhenkonstanz* samt den *Hochflächenresten*. Von seinen Ausführungen interessieren uns besonders die letztern, weil sie in unserem Fall eigentlich das wesentliche Kennzeichen der 3 Flächensysteme der Freiburger Stufenlandschaft ausmachen; denn auch für sie trifft die Definition *Pencks* vom Jahr 1894 zu (Lit. 34, p. 161): « Bei aller Verschiedenartigkeit ihrer Gestalt, sind die Gipfel von Hoch- und Mittelgebirgsländern in ihrem Auftreten doch von einer gewissen Regel beherrscht, welche darin besteht, dass benachbarte Gipfel fast durchwegs nahezu gleich hoch sind und dass die höchsten Gipfel nahezu in einer und derselben Ebene gelegen sind ».

Van Valkenburg (Lit. 41, p. 57) kommt zu folgender Schlussfolgerung: « Die präglaziale Landschaft war eine Tallandschaft mit wenig ausgeprägten Höhenunterschieden (ausgeglichene Tallandschaft) ».

Die Erscheinung, dass die höchsten Gipfel von Hügeländern nahezu in ein und derselben Ebene liegen, wurde übrigens bereits 1792 von *Targioni* besprochen (Lit. 40 p. 29). *Ed. Brückner* (Lit. 10, p. 471) sucht 1909 zum ersten Mal aus den Gipfelflächen des schweizerischen Mittellandes die präglaziale Landoberfläche zu rekonstruieren und diese als eine durch *Abtragung* entstandene *Peneplaine* zu erklären. Er bezeichnet diese präglaziale Abtragungsfläche auch als *Rumpffläche*, während *Albrecht Penck* (Lit. 10, p. 118-119) auch für die Alpen der Präglazialzeit vorwiegend

Mittelgebirgscharakter annimmt, indem er schreibt, dass neben einem Vorland mit « greisenhafter Talbildung » (Peneplaine), ein Gebirge mit ausgereiften Tälern und vorwiegend Mittelgebirgsformen denkbar sei.

Für die für unser Problem wichtige Erscheinung der Gipfelhöhenkonstanz, hat sich durch die Arbeiten Pencks (Lit. 36) seit 1919 der Name « *Gipfelflur* » eingebürgert. Professor Paul Girardin in Freiburg verwendet dafür die Bezeichnung: « *subégalité ou tangense des sommets* ».

Der Doyen der Schweizer Geologen *Albert Heim* beschäftigt sich in seiner « *Geologie der Schweiz* » (Bd. I., 1919, Bd. II₁, 1921, Bd. II₂ 1922) ebenfalls eingehend mit diesen Erscheinungen. Er nimmt die ursprüngliche Oberfläche des tertiären Mittellandes *vor* tiefer eingreifender Abspülung in 600-1200 m Meereshöhe an, mit Gefälle abgedacht von den Alpen gegen den Jura hin. Berge wie Jorat-Napf-Hörnli wären Reste davon. Aus dem Vorhandensein von Felserosionsterrassen, Deckenschottern, präglazialen Oberflächenresten und Talböden mit rückläufigem Gefälle, schliesst er auf ein Rücksinken der Alpen mit ihren Randzonen vor oder während der grössten Vergletscherung um ca. 300 m. Damit ist auch die ehemalige unebene präglaziale Oberfläche gegen die Alpen hin verbogen worden, d. h. rückläufig geworden, im Gegensatz zu der von Brückner (Lit. 35, p. 472) geäusserten Ansicht, dass diese präglaziale Oberfläche sich an die Alpen anschliesse.

Heim hält die seenbildende Einsenkung der Alpen und ihrer Randzone für jünger als die präglaziale Oberfläche, weshalb es unrichtig sei, die interalpinen Talterrassen und Talstufen direkt in die präglaziale Molassefläche hinauslaufen zu lassen. Er wendet sich auch gegen die Ansicht, die Alpen über dieser präglazialen Basis seien damals ein « *reifes Gebirge* » gewesen. Er sagt, die Alpen hätten während ihrer wohl 30 km betragenden abwechslungsreichen Abtragung nie Zeit gefunden, « *eine reife, ausgeglichene Landschaft* » oder eine « *präglaziale Peneplaine* » usw. zu bilden.

Heim beschäftigt sich auch eingehend mit der Gipfelflur (Lit. 24, p. II, 675, 806, 962) welche er als hauptsächlich durch die Abwitterung und durch die Erosionsbasis bedingt bezeichnet. In einer « Geologischen Nachlese » vom Jahr 1922 (Lit. 25) bespricht Heim in sehr interessanter Weise die Gipfelflur an verschiedenen Beispielen und zeigt, dass der « Zwang zur Gipfelflur » den innern Aufbau überwindet und dass man von einem « rücksichtslosen orographischen Abschneiden » der tektonischen Stockwerke zur Gipfelflur sprechen könne. Die Gipfelhöhen zeigten zonen- oder regionenweise eine auffallende Ausgeglichenheit. Große Überhöhung oder Erniedrigung über, resp. unter die regionale Gipfelflur sei selten und halte sich immer in relativ bescheidenen Grenzen.

Heim definiert die Gipfelflur einer Region als die *mittlere Höhe der höchsten Gipfel* und bemerkt sehr richtig, dass eine geometrisch scharfe Erklärung unmöglich ist. Er sagt (Lit. 25, p. 47): « Die Entscheidung, welche und wie viel von den höchsten Gipfeln wir zur Berechnung der Gipfelflur benutzen sollen, ist nicht allgemein anzugeben, sondern bleibt vorläufig unserm Taktgefühl überlassen ». Ich möchte hier gleich beifügen, dass ich bei meinen Untersuchungen in der Freiburger Stufenlandschaft, zur Konstruktion der Gipfelflur, nur die *höchsten relativ gut erhaltenen Punkte* verwendet habe, unter Ausschaltung anormal der Abwitterung ausgesetzter Gipfel.

Von grösster Bedeutung für unser Problem sind die Arbeiten von *Paul Beck* in Thun (Lit. 5), weil sie sich auf eine ganz detaillierte geologische Kartenaufnahme im Maßstab 1: 25 000 stützen (Lit. Karten № 2). Seine Ausführungen betreffen namentlich den östlichen Teil unseres Untersuchungsgebietes.

In der Einleitung seiner « Talbildung » betont er die Schwierigkeit und Unsicherheit der morphologischen Beurteilung und die Mannigfaltigkeit der talbildenden Faktoren. Er macht dann auf die besonders günstigen Verhältnisse im Stockhorngebiet aufmerksam, mit seinen steil

gestellten Gesteinsfalten von wechselnder Widerstandskraft. Er sagt (Lit. 5, p. 145): « Wenn wir in diesem Terrain Flächen beobachten, die sich allen geologischen Bedingungen zum Trotz, gleichmässig quer über weiche und harte, durchlässige und undurchlässige Schichten ausdehnen, so müssen das alte Erosions- und Denudationsformen sein. Verwechslungen mit Schichtterrassen sind absolut ausgeschlossen. Sie liefern aber auch Anhaltspunkte, um in den benachbarten, für solche Studien ungünstiger aufgebauten Gebirgen, Erosions- und Schichtterrassen einigermassen auseinander zu halten. »

In der Übersicht über die Hauptabschnitte der Talbildung geht Beck von der als pliocän angenommenen Ausgangsform aus und weist die folgende Durchtalungsperiode ganz dem Quartär zu. Er sagt (Lit. 5, p. 146): « Diese lässt 3 Phasen der Vertiefung erkennen: eine älteste, welche bis auf 1500-1600 m Meereshöhe herab weite Hochflächen und mehr als die Hälfte des Talraumes schuf; eine mittlere, welche Terrassen bis auf ca. 1000 m herab und vom tiefen Hohlraum den stark überragenden Hauptteil erzeugte und endlich eine letzte, welche die Durchtalung der Seen und ihrer Umgebung beendigte und am wenigsten Material entfernte. » Beck stellt dann diese Dreiteilung der postpliocänen Durchtalungszeit durch sog. Talbildungskurven dar, basierend auf Flächenberechnungen des hydro-metrischen Bureau für 300 m Höhenkurven. Er weist in einer Fussnote (Lit. 5, p. 147) auf bezügliche Studien des Unterzeichneten hin.

Als Zeugen der pliocänen Abtragungsfläche nennt Beck die Gipfelflur und die Plateauxgipfel. Vom Niesen aus gesehen erscheinen die Gipfel und Gräte der Hochalpen aus rundlichen Mittelgebirgsformen herausgeschnitten zu sein, während die Gipfel der Simme-Saanegruppe den Eindruck erweckten, aus einem Hügelland herauspräpariert zu sein. Als typische Zeugen dieser Altformen nennt er die Hochflächen des Lasenberg, des Walalpgrates und der Bürglen.

In der Besprechung der altquartären Erosionsperiode

sagt Beck (Lit. 5, p. 151-152): « In der Stockhornkette überragen die steil abbrechenden Felshäupter von ca. 2100-2200 m Höhe die nächsten tiefern Grat- und Gipfelplateaux um ca. 200 m (Hohmaad, Walalpgrat, Strüssligrat, Lasenberg, Walpersbergli). Zahlreiche Reste, besonders auf den nach N vorspringenden Gräten, sprechen für einen zweiten, 100 m tiefer entstandenen Boden in ca. 1800 m Höhe. In zwei kleinern Stufen erreichen die Hänge dann das weit ausgedehnte untere Niveau der fröhdiluvialen Denudation, dem das seither zerlegte Tal der Stockenseen und die einen Kilometer messende Hochfläche des Heitiberges angehören. Die steil gestellten Falten der Stockhornkette wurden durch die erwähnten Flächen ohne Rücksicht auf die Gesteinsart quer geschnitten, so dass der Stufencharakter der ältesten Durchtalungen zweifellos erwiesen ist. »

Beck nennt dann Zeugnerberge der pliocänen Altfläche im Spielertengebiet, in der Faulhornguppe usw. und östlich vom Thunersee, und sagt von den Terrassen der ältern mitteldiluvialen Erosionszeit (Lit. 5, p. 152): « Nun kam ein lebhafteres Tempo in die Talbildung, allerdings auf Kosten der Talbreite. Die weite Hochfläche der Tschuggenalp über Diemtigen hat 1400 m Höhe; ihr entspricht das Trockental der Jaunpasshöhe, über welche sich damals der Jäunlibach statt der Saane, der Simme zuwandte. Eine neue Eintalung um ca. 200 m liess im Simmental einen neuen Talboden entstehen, dem das Regenmoos ob Boltigen und der Lamperenhobel angehören. In dieser Zeit wurde der Jäunlibach quer durch die Gastlosenkette nach Westen abgelenkt. Eine letzte Erosionsphase dieser Periode brachte das Niveau der Talböden in der Umgebung des Thunersees auf ca. 1000 m und darunter hinab. Hierher gehören im Simmental die Saanenmööser, der Rossberg hinter dem Lamperenhobel, das Diemtigbergli und der Rücken der Wimmiserburgfluh, an den rechten Seeufern die Höhen von Goldiwil-Haltenegg-Krinde, der Waldegg-rücken am Beatenberg, die Höhe des Brünigpasses, die Terrasse des Hasliberges, auf der linken Seite der Abend-

bergsattel und die Schweibenalp, ferner der untere Teil der Terrasse von Wengen. »

Problemstellung.

Vorstehende Ausführungen zeigen die Aktualität des Studiums der Gipfelflur, sowie der präglazialen und postglazialen Oberfläche. Wir sind immer noch schlecht orientiert über die Veränderungen, die unsere Erdoberfläche seit der Entstehung der Alpen erlitten hat. Die Meinungen gehen noch auseinander über die pliozäne Abtragungsfläche, die Anlage der ersten Täler, Gletscherwirkung, Wassererosion, Hebung des Molasselandes, Rücksinken der Alpen, usw.

Aus den jetzigen Oberflächenformen, mit einfachen morphologischen Untersuchungen auf die ursprünglichen primären Formen schliessen zu wollen, halte ich für ein kühnes Unterfangen, denn gar mannigfaltig ist das « Vorleben » der Mutter Erde und wenig sicher die « Zeugen », die uns Auskunft geben sollen. Hingegen wollen wir versuchen, auf folgende scheinbar einfache Fragen zu antworten:

1. *Sind die Steilstufen der Freiburger Stufenlandschaft tektonisch entstanden (Aufschiebung), oder durch Talbildung (Erosion u. Denudation) ?*

2. *Welche graphischen Darstellungen eignen sich zur Behandlung der Talbildungsgeschichte ?*

Heim verlangt (Lit. 25, p. 66), dass die Gipfelflur weiter studiert und deren graphische Darstellung versucht werde. Zum bessern Verständnis der Oberflächengestaltung müsse sowohl der Geologe als auch der Morphologe unausgesetzt mit Kartierungen und Profilierungen arbeiten (Lit. 24, I., p. 416). Die Lehre von den « Formen » kann erst zu schlüssigen Resultaten gelangen, wenn die geologischen Grundlagen einigermassen sicher erkannt sind.

Paul Beck (Lit. 5) macht auf die alten, gut erhaltenen Erosionsformen im Stockhorngebiet aufmerksam und weist darauf hin, dass die Frage der Gipfelflur am vorteilhaftesten an einem solch günstigen Einzelbeispiel studiert werde. Wir werden versuchen, an Hand der Freiburger Stufenlandschaft diese Fragen zu beantworten. Aus dem Ergebnis können dann Anhaltspunkte gewonnen werden für die Beurteilung der alpinen Gipfelflur und der Entstehung der Steilstufen am Alpenrand im allgemeinen.

Die günstigen geologischen Verhältnisse im Untersuchungsgebiet (steile Schichtung), werden noch ergänzt durch das Auftreten von ganz verschiedenen Niederschlagsmengen am äussern Alpenrand und im Innern der Stockhornkette. Ausserdem finden wir hier, wie bereits früher bemerkt, Gesteine von sehr verschiedener Wasser-durchlässigkeit und Widerstandsfähigkeit.

Das engere Untersuchungsgebiet (Stockhornkette), zeigt auf relativ beschränktem Raum alle wünschbaren geologischen und morphologischen Verhältnisse. Dies verleiht den zu erwartenden Resultaten um so grösseren Gel-tungswert. Unsere Arbeit wird uns ausserdem noch Gelegenheit geben, einiges über den viel diskutierten Anschluss des Alpenrandes an die Molasse zu sagen.

Die Freiburger Stufenlandschaft von Cressier aus gesehen.

Einleitend haben wir die Ansicht der Freiburger Stufenlandschaft von der Höhe des Guintzet bei Freiburg erwähnt, welche uns bereits die Dreiteilung des Landes vor Augen führte. Der Guintzet hat aber für unsere Beobach-tungen den Nachteil, dass er zu wenig hoch und zu nahe am Alpenrand gelegen ist. Dadurch wird das Gesamtbild gestört, indem die näher gelegenen Flyschberge Schweinsberg-Berra, unverhältnismässig hoch erscheinen und sogar

die höher hinaufragenden Freiburger Kalkalpen, wie die Körblifluh, Dt. de Brenlaire, usw. verdecken.

Wählen wir deshalb als Standort einen von Freiburg aus leicht zu erreichenden und günstiger gelegenen Aussichtspunkt bei Cressier. Derselbe befindet sich an der Waldlisière, etwa 1,2 km N.W. der Station Cressier (Linie Freibourg-Morat) in 600 m Meereshöhe und gibt infolge der grösseren Entfernung vom Alpenrand, trotz seiner geringen Höhe, einen guten Überblick. Die für uns wichtige Kette der Freiburger- und Berner Voralpen, vom Moléson im W bis zum Hohgant im E, hebt sich deutlich am Horizont ab und da wir uns, in 22-30 km Entfernung, so ziemlich mitten vor dem Alpenrand befinden, so sind die räumlichen Verhältnisse im Panorama wenig gestört.

Direkt vor uns liegt das Freiburger Molasseland mit seinen bewaldeten Hügeln, die wir in die relative *Niveaufläche I* eingeordnet haben. Die Flussläufe und Berge sind infolge der Einwirkung der eiszeitlichen Gletscher im allgemeinen von SW nach NE orientiert. Die jungen, erosionskräftigen Flusstäler der Saane und Sense, die als Hauptwasserrinnen das Gebiet entwässern, treten im Landschaftsbild nicht in Erscheinung. Sie sind in engen, cañonartigen Schluchten tief in das alte Sandsteinplateau eingesenkt, unermüdlich an der Arbeit, um im Verein mit ihren Zuflüssen, das Molasseland nach allen Richtungen zu zersägen und in eine Erosionslandschaft umzuwandeln. Eine nur generelle Betrachtung des Landes lässt uns die Erosionskraft der Flüsse als abgestorben oder lahmgelagert erscheinen. Moränelandschaften, Rundbuckelbildungen (Drumlins), plumpe plateauähnliche Berge, verlassene alte Flusstäler (Trockentäler) charakterisieren das Relief.

Ein breites Tal zieht sich zu unsren Füssen in SW-NE Richtung; seine Dimensionen stehen in keinem Verhältnis zu dem gemächlich darin fliessenden Flüsschen. Es ist das von G. Michel (Lit. 31, p. 29) eingehend beschriebene alte Tal der Crausa-Biberen, deren Wasser in verschiedenen Teilen ihres ehemaligen Laufes von Zuflüssen der

Broye und der Sarine angezapft und abgeleitet wurde. Das weite Becken zwischen Jeuss Gr.-Gurmels und Cressier hat nach E. Bärtschi (Lit. 3, p. 18) einen postglazialen See beherbergt. Die glazialen Formen sind namentlich im Oberlauf des alten Biberentales zwischen Noréaz und Cutterwil gut erhalten. Ein ganzer Schwarm NE orientierter Drumlins bedeckt jene Gegend. Sie sind sogar im Kurvenbild der Karte 1: 25 000 Blatt 330 schön ausgeprägt.

Der tektonische Anteil an der Modellierung des Freiburger Molasselandes scheint verhältnismässig gering zu sein. Nach Paul Girardin (Lit. 20, p. 370) haben wir hier fast ausschliesslich das Werk der Quartärzeit vor uns. Er schreibt: « Sur le plateau, dans une première zone, à l'intérieur des moraines internes, la surface est uniformément recouverte et la sculpture antérieure masquée par des énormes dépôts de la moraine de fond würmienne: c'est le domaine des vallées epigénétiques et des cañons ». Man hat, wie der gleiche Autor bemerkt, den Eindruck, dass die Gletscher sich erst kürzlich aus dieser Gegend zurückgezogen haben.

Östlich vom alten Crausa-Biberental zieht sich eine Reihe flacher Hügel hin, die mit dem Piamont E Noréaz beginnen und sich längs dem Westufer der Sonnaz und Sarine bis zur Einmündung der Sense gut verfolgen lassen. Es ist die von G. Michel (Lit. 31, p. 8 und 9) beschriebene « Chaîne de Seedorf », deren flache Molassegipfel er als Teile der alten präglazialen Landoberfläche bezeichnet. Obschon wir die relativen Niveauflächen der Freiburger Stufenlandschaft weder im Sinne der präglazialen Oberfläche von G. Michel, noch der von Brückner konstruierten Molasse Rumpffläche behandeln, so betrachten wir doch auch diese Höhen als Stützpunkte für unsere relative Niveaufläche I.

Wenden wir den Blick gegen die Alpen hin, so ändert sich das Landschaftsbild, indem die Nagelfluhberge des Guggisberges, von der Abtragung weniger hergenommen, als ausgeprägte Erosionslandschaft in lebhafterer Silhouette erscheinen. Die Gegend zwischen Saane und Sense

dagegen wird unserm Blick durch die eben erwähnte «Chaîne de Seedorf» entzogen. Darüber erhebt sich das dem Verkehr schwer zugängliche Sensebergland, vom Gurten (860 m) gegen Giebelegg (1136 m) und Guggisberg (1297) ansteigend. Weiter gegen Süden liegen die Höhen von Menzisberg (1040), La Combert (1079) und Mt. Gibloux (1212). Dies einige Hauptpunkte der Niveaufläche I, welche alle im Molasseland gelegen sind. Es sei hier noch bemerkt, dass Bärtschi (Lit. 3, p. 36) in seiner interessanten Arbeit ebenfalls auf Terrassen hinweist bei Romanens SW vom Gibloux, die er als ein Stück der präglazialen Landoberfläche ansieht, wenn auch selbstverständlich nicht im ursprünglichen Zustande.

Betrachten wir nun die «Zeugen» unserer relativen Niveaufläche II. Deutlich präsentieren sich am Horizont die Höhen des Gurnigel (1543 m), Selibühl (1752 m), Pfeife (1669 m), Schweinsberg (1647 m) und Berra (1723 m) als eine morphologische Einheit. Diese Flyschberge sind landschaftlich charakterisiert durch ihre weichen Formen. Der Steilhang vom Molasseland zur Flyschzone hinauf ist im allgemeinen stark bewaldet und gibt dem ganzen einen etwas ernsten Ausdruck. Von Cressier aus gesehen, lassen sich die Höhen dieses, den Alpen vorgeschobenen, massigen Flyschwalles, leicht in eine relative Niveaufläche einordnen. Das Auseinanderhalten dieser Altflächenreste und derjenigen des nachfolgenden, höhern Niveau, bereitet keine Schwierigkeit mehr.

In imposantem Aufbau erheben sich über diesem Gebiet die Berge der relativen Niveaufläche III. Als wichtigste Repräsentanten dieser «Stockhornflur» erscheinen uns im E beginnend, der Hohgant (2199 m), Stockhorn (2193 m), Gantrisch (2177 m), Bürglen (2167 m), Ochsen (2190 m), Märe (2094 m), Kaiseregg (2189 m), Brunnenmassiv (2106 m) und Moléson (2005 m). Im Gegensatz zum bewaldeten Steilhang der Flyschzone haben wir es hier mit einem scharfen Steilabsturz, meistens Malmwände, zu tun. Die Einordnung dieser Gipfel und Gräte in eine relative Niveaufläche, drängt sich uns geradezu auf.

Der Vollständigkeit halber sei erwähnt, dass man vom Gurten b. Bern (860 m) die Stockhornflur (Fl. III) in grosser E-W Ausdehnung ebenfalls sehr gut sieht. Dagegen sind von dort aus die Niveauflächen II und I nicht so leicht auseinander zu halten.

Machen wir eine Exkursion in die höher gelegenen Teile unseres Untersuchungsgebietes, so werden wir das von Cressier aus Gesehene bestätigt finden. Von dem leicht zu erreichenden Selibühl (1752 m) gewinnen wir einen schönen Überblick über die Flyschzone (Fl. II) und die beiden Steilhänge, während eine Besteigung der Kaiseregg, Gantrisch oder des Stockhorns, uns die Stockhornflur (Fl. III) in ihrer ganzen Mannigfaltigkeit vor Augen führt.

Alle diese über die freiburgische Stufenlandschaft gemachten Beobachtungen reitzen uns, den Versuch einer Rekonstruktion der genannten Niveauflächen und Steilstufen an Hand der Karte zu unternehmen.

Karte der Freiburger Stufenlandschaft.

Zur Rekonstruktion der relativen Altflächen fallen natürlich nur einigermassen sichere relative Altpunkte in Betracht. Für die *Stockhornflur (Niveau III)* sind es namentlich die erhaltenen Hochflächen des Lasenberg (2020 m), des Walalpgrates (1915 m), der Bürglen (2167-2157 m), ferner die Gipfelplateaux des Gantrisch (2177 m), des Ochsen (2190 m), der Gipfelgrat des Stockhorn (2192 m) und der Kaiseregg (2186 m).

In zweifelhaften Fällen bevorzugen wir Punkte in hartem, durchlässigem Gestein (Kreide, Malm), welche die alten Formen am besten bewahren, während feste, aber undurchlässige Gesteine, relativ leichter verwittern. Auch Hauptwasserscheiden geben uns Anhaltspunkte zur richtigen Auswahl der Punkte.

Die *Niveaufläche II* hat gute Zeugen in den runden Gipfeln und Gräten der Flyschzone vom Gurnigel (1542 m) bis zur Berra (1723 m). Dazu kommen die vielen gut erhaltenen Rücken und Gräte, welche von der äusseren Randkette Gantrisch-Kaiseregg nordwärts heruntersteigen. Diese Rücken sind namentlich vom Selibühl und vom Ochsen aus gut sichtbar. Schon auf der Karte 1:100 000 finden wir sie deutlich angegeben, z. B. der Rücken mit Pkt. 1900, der Rücken nördlich vom Gantrisch und der Birrehubel mit Punkt 1852 nördlich der Bürglen. Ferner der Rücken Wan-nels (1799 m) — Steckhütte (1708 m), der Rücken Hoch-mättli (1797 m) — Ettenberg und schliesslich in grösster Ausdehnung das Berra-Schweinsbergmassiv. Diese Rücken werden von E nach W immer länger. Ihre auffallende Übereinstimmung und paralleler Verlauf gibt uns eine gewisse Sicherheit zu ihrer Verwendung.

Stark exponierte Punkte, die gewöhnlich schon jüngeren Talbildungen angehören, wie z. B. Hellstätt (Pkt. 1416) und die nördlichsten Teile der vorhin genannten abfallenden Rücken (wie z. B. Pkt. 1540 N Steckhütte) können wir dagegen nicht als vollwertige « Altpunkte » verwenden.

Die Niveaufläche der *Molasselandschaft (Niveau I)* rekonstruieren wir unter Verwendung der bereits genannten höchsten Punkte, wobei speziell die gut erhaltenen Nagelfluhberge des Gibloux (1212 m) und des Guggisberg (1297 m) von Bedeutung sind. Von den Punkten des so genannten « Plateau » benutzen wir nur die vorgeschobenen Höhen, unter Berücksichtigung, ob sie durch junge Talbildung mehr oder weniger stark gelitten haben. Die stark abgetragenen Höhen der Aare-Gürbezone zwischen Bern und Thun, fallen natürlich für uns ausser Betracht, ebenso die Punkte im unmittelbaren Erosionsgebiet der Sense bei Plaffeyen und der Saane in den Ebene von Bulle.

Als *Kartenmasstab* wurde 1: 100 000 gewählt, entsprechend der zur Verfügung stehenden geologischen Karte von Gilliéron Blatt 12. Im Gebiet der Klippendecke wurde

durch besondere Signaturen unterschieden zwischen harten, durchlässigen Gesteinen (Kreide, Malm) und weichen, un-durchlässigen (Dogger, Lias, Trias). Der Flysch ist besonders dargestellt, ebenso die darin liegenden Klippen der

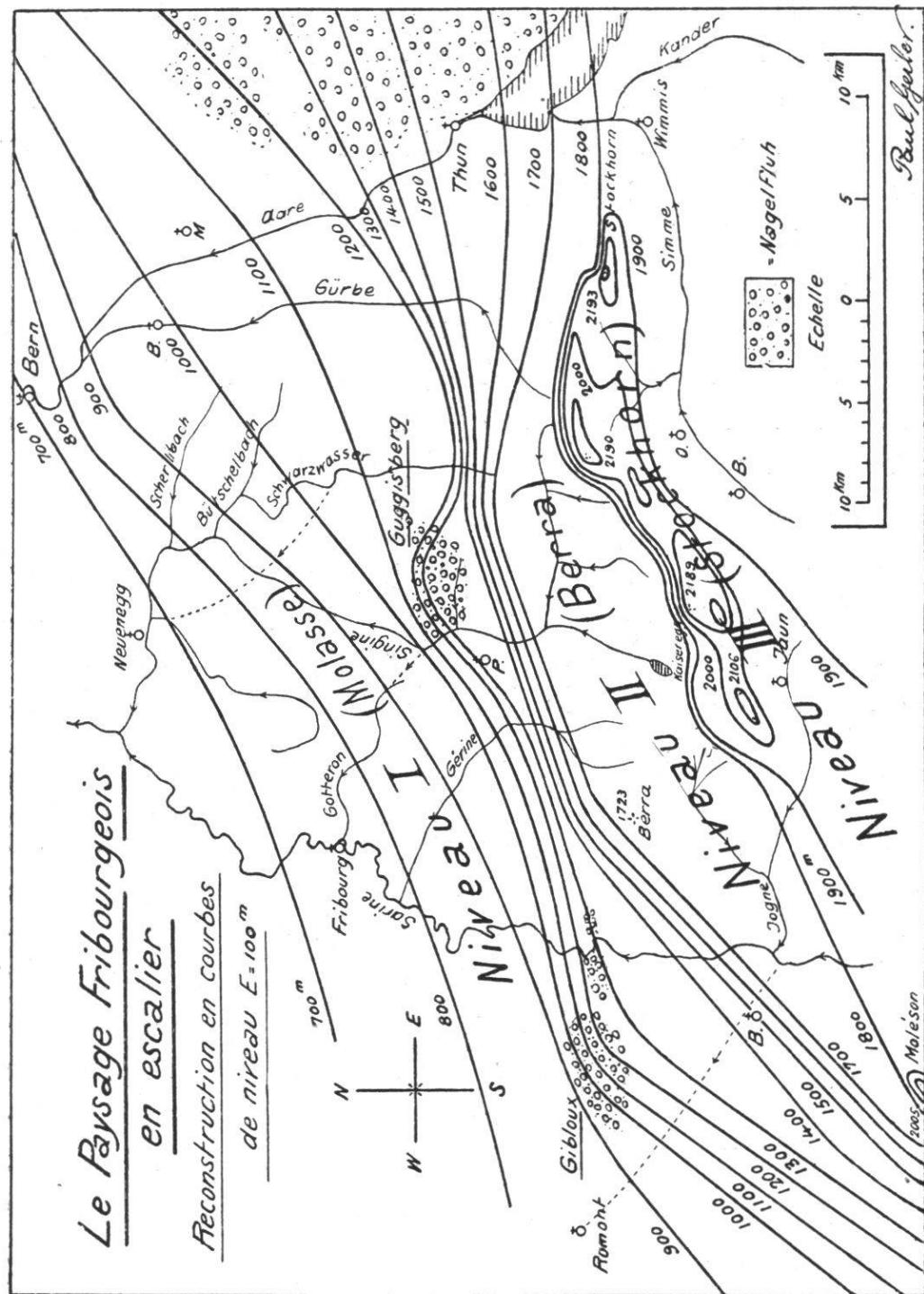


Fig. 2. — Karte der Freiburger Stufenlandschaft (vereinfachte Reproduktion des Originals 1 : 100 000).

« préalpes externes ». Im Molasseland endlich sind Sandstein und Nagelfluh auseinandergehalten, während dagegen auf dem ganzen Kartengebiet der Quartär nicht berücksichtigt ist. Im engeren Stockhorngebiet ist der Mo-

räneeinfluss relativ gering, jedenfalls ohne Bedeutung für unser Problem. Im Molasseland ist die Moränebedeckung der höchsten Punkte auch nicht sehr beträchtlich. Immerhin sind in der Karte die ausgesprochenen Moränepunkte in Klammer gesetzt.

Mit Hilfe der nach vorstehenden Gesichtspunkten ausgewählten, relativen Altpunkten, wurde das *Kurvenbild der Freiburger Stufenlandschaft* konstruiert (Fig. 2). Aequidistanz der Höhenkurven 100 m, resp. 50 m in einigen Detailpartien. Die 3 Flächen und 2 Stufen kommen im Kurvenbild sehr schön zum Ausdruck. In die Augen springend ist die, der morphologischen parallel verlaufende, geologische Dreiteilung des Landes, nämlich:

- Niveauläche I : Molasseland ;*
» » *II : vorwiegend Flysch ;*
» » *III : Kalk und Schiefergebirge.*

Auffallend ist ferner auf den ersten Blick der Einfluss der Nagelfluhberge Guggisberg-Gibloux und das konservierende Verhalten der harten, aber durchlässigen Ge steine in der Stockhornflur. Allgemein erkennen wir auch bereits, dass sowohl die Flächen, als auch die Steilstufen, parallel dem Alpenrand orientiert sind.

Die relative Altfläche I (Molasseland).

Diese rekonstruierte Fläche steigt nach unserer Karte im westlichen Teil des Untersuchungsgebietes bis 1000 m Höhe an. Im östlichen Teil reicht sie bis 1200 m hinauf. Die Abdachung ist ziemlich einheitlich nach NW gerichtet und beträgt 1,2 bis 5 %, im Mittel etwa 2,8 %. Wir können uns also diese Altfläche zwischen Aare und Saane als ein geschlossenes Hochland in 700-1200 m Meereshöhe vorstellen. Siehe zum Vergleich die von Heim (Lit. 24, I, p. 29) angegebene ursprüngliche Oberfläche des tertiären Mittellandes vor tiefer eingreifender Abspülung, die er als in

600 bis 1200 m Meereshöhe liegend angibt, mit Gefälle abgedacht von den Alpen gegen den Jura hin. Es ist noch speziell zu bemerken, dass dieses Hochland *durchgehends mit dem Molasseland zusammenfällt.*

Wenn wir die Flussrichtungen dieser Zone betrachten, so fällt uns auf, dass Gérine, Gotteron, Schwarzwasser und Scherlibach ziemlich genau der alten Abdachung folgen, während Saane und Sense nach NE abgelenkt erscheinen. Wir sind versucht, die NW Richtung als die konsequente, primäre Richtung anzunehmen und die vielen NE orientierten Wässerrinnen des Freiburger Molasselandes, als durch Gletscherwirkung abgelenkt, zu betrachten.

Viele alten, heute verlassenen Flusstäler (Trockentäler) liegen im grössten Gefälle unserer Altfläche I. Der Kampf zwischen den beiden Flussrichtungen NW und NE, der wohl wegen den verschiedenen Gletschervorstössen mit wechselndem Erfolg geführt wurde, ist auch heute noch nicht abgeschlossen, wie verschiedene Flussablenkungen und Arzapfungen beweisen. Auch der Kampf der Meinungen über primäre und sekundäre Richtung dauert ja bekanntlich noch an! Bei Cressier liegen sogar zwei «Leichen» dieses Kampfes, nämlich das bereits erwähnte alte Biberental, als Verfechter der NE Richtung und welches gekreuzt wird von dem Trockental Gr. Gurmels-Münchenwiler, als Repräsentant der NW Richtung.

Ein zeitweiliger Sarinelauf Richtung Bulle-Romont, ein Senselauf Plaffeyen-Gotteron-Freiburg und ein ehemaliger Schwarzwasserlauf Richtung Elisried-Albligen-Flamatt, würde dem Kurvenbild unserer rekonstruierten Stufenlandschaft sehr gut entsprechen, siehe die diesbezüglich eingezeichneten gestrichelten Linien. Doch sind diese Erscheinungen für unser Problem nicht von direkter Bedeutung, weshalb ich mich begnügen, darauf hinzuweisen.

Die heutigen Mittelläufe der Saane, der Sense und des Schwarzwassers, haben tiefe cañonartige Schluchten in das Molasseland hineingefressen, die dem modernen Verkehr sehr hinderlich sind und deren Entstehung verschie-

den erklärt wird. Bei der Saane kommt zu dieser jungen Erosionsform noch das Phänomen der Mäanderbildung hinzu, das sonst als Alterszeichen eines Flusses angesehen wird. Was ist der Grund dieser Neubelebung der Erosion, die das wild-romantische Saanetal zwischen Pont-la-Ville und Laupen, das Sensetal zwischen Plaffeyen und Laupen geschaffen hat ?

Sind es Hebungen des ganzen Gebietes, sind es epirogenetische Dislokationen, d. h. wellenförmige Hebungen, die das Gebiet noch in der Postglazialzeit betroffen haben, oder ist es ein Sinken der Erosionsbasis am Jurafuss, verursacht durch die glaziale Übertiefung; ist es eine Hebung des Alpenrandes allein, oder kommen Hebungen im Oberlauf und Senkungen im Unterlauf in Betracht ? Bei der Saane weist C. Calciati (Lit. 13) ausserdem noch auf die auffallend grössere Flusserosion am rechten Ufer hin, die er durch den Einfluss der Erdrotation auf das fliessende Wasser erklärt (Gesetz von Bär).

Was die Entstehung des Molasselandes anbetrifft, so erklärt F. Nussbaum (Lit. 33) dasselbe als durch Ablagerung miozäner Ströme in seichte Süßwasserbecken und Meeresgolfe entstanden. Bei der Faltung der Alpen und des Jura habe dieses Land eine ungleichartige Hebung erhalten, sei schief gestellt und gefaltet worden. Dass die Molasse zuerst schief gestellt und dann in 3 Antiklinale gefaltet wurde, schliesst er aus der Richtung der Flüsse, die sonst die Synklinalrichtung genommen hätten, d. h. ENE und aus dem ferneren Umstand, dass in der Gegend der Blasenfluh die obere Süßwassermolasse noch nicht abgetragen ist. Er schreibt das wechselvolle heutige Relief der Arbeit der diluvialen Gletscher und des Wassers zu.

Auch Heim (Lit. 24, p. 195-196) spricht von einer Hebung und Faltung des Molasselandes am Alpenrand zur Alt-Pliocänzeit, mit nachfolgender Abrasion zu einer von den Alpen abfallenden Fastebene. Die Haupttalbildung verlegt Heim in die Zeit nach den beiden ersten und vor den beiden letzten Vergletscherungen. Den heutigen Flüssen

fehlt die Kraft, die in jener Interglazialzeit gegrabenen und später zugeschütteten Flussrinnen wieder auszuräumen. Viele haben ihren früheren Lauf nicht mehr gefunden und fliessen nun epigenetisch d. h. in neuen postglazialen Rinnen, die die ehemalige Tiefe noch nicht erreicht haben und mangels genügendem Gefälle wohl auch nicht mehr erreichen werden.

So fliest nach Schardt (Lit. 39, p. 471) die Saane zwischen Thusy (Pont-la-Ville) und Staad (5 km N Freiburg) in einer postglazialen epigenetischen Schlucht. Sie hat nach dem Rückzug der Gletscher den früheren Lauf über Ecuvillens-Corminbœuf-Belfaux-La Sonnaz-Staad nicht wieder gefunden. Aeberhardt (Lit. 2, p. 769) beschreibt den interessanten epigenetischen Lauf der Sense N Plaffeyen. Die Sense wurde von der letzten Vergletscherung neuerdings nach E abgedrängt und floss ausserhalb der Randmoräne. Nach dem Rückgang der Gletscher blieb sie in ihrer neuen Rinne und hat erst unterhalb Schwarzenburg, nach Durchbrechung des Moränewalles, ihr früheres Bett wieder gefunden.

Wir sehen hier neuerdings den grossen Einfluss der Vergletscherung auf die Gestaltung des Molasselandes. Ohne Vergletscherung wäre nicht nur die Morphologie eine ganz andere, sondern das Mittelland wäre ohne die Moränebedeckung ein unfruchtbare, mageres Sandsteinland geblieben. Daran ändert nichts, ob wir die Gletschererosion definieren als stark positiv wirkend, d. h. sogar Täler aushobelnd, oder mehr mittelbar, wie Heim (Lit. 24, p. 360) in prägnanter Weise bemerkt: « Das fliessende Wasser war der Arbeiter, der Gletscher war der Lenker ».

Die untere Steilstufe.

Die untere Steilstufe, die ziemlich parallel zum Alpenrand verläuft, ist an 2 Stellen, die mit den Nagelfluhzentren Guggisberg und Gibloux zusammenfallen, zweiteilig.

Östlich dem Guggisberg verläuft sie einheitlich, ebenso zwischen den beiden Nagelfluhbergen. Zwischen Gürbe und Schwarzwasser haben wir einen einheitlichen 500 m hohen Steilhang im Flysch von 1700 m auf 1200 m. Die Stufe ist hier im Minimum noch 2,2 km breit und hat ein maximales Gefälle von 22,7 %. Sie entblösst die ultrahelvetischen Klippen (Préalpes externes) vom Gurnigel, Magerbad und Fettbad, die zwar hier keine grosse morphologische Bedeutung besitzen.

Zwischen Schwarzwasser und Gérine setzt die erste der erwähnten Zweiteilungen ein. Sie besteht aus einer unteren, 300 m hohen, in Sandstein und Nagelfluh gelegenen Teilstufe, die von 1000 m auf 1300 m ansteigt, und einer oberen, gleich hohen, im Flysch liegenden von 1400 m auf 1700 m. Die untere Teilstufe ist 1,8 km breit, 300 m hoch und hat ein Gefälle von 16,7 %, die obere ist 1,3 km breit, 300 m hoch und hat 23 % Gefälle. Zwischen den beiden Teilstufen erscheint nun im Kurvenbild eine etwa 3 km breite, schwach geneigte Fläche mit etwa 3,5 % Gefälle, die östlich und westlich wieder in den allgemeinen Steilhang übergeht. Auf der Kurvenkarte ist sie auf einer Länge von etwa 9 km ausgeprägt.

Die Konstruktion dieser Zwischenfläche kann zwar durch keine besonderen erhaltenen Punkte gestützt werden, da der Raum mit der Talung Laubbach-Plaffeyen zusammenfällt und die Wasserscheide gegen das Schwarzwasser (bei Riffenmatt) so stark erniedrigt ist, dass ein kontinuierlich ansteigender Bergrücken fehlt. Trotzdem sprechen folgende morphologischen und geologischen Gründe dafür: Es ist die südliche der beiden Teilstufen, die sich beidseitig in die Gesamtstufe fortsetzt und mit ihr eine Einheit bildet. Der untere, vorspringende Teil bildet die Ausnahme. Noch überzeugender sind die geologischen Gründe:

Ed. Gerber gab 1922 (Lit. 16, p. 218) eine kurze Charakteristik des fraglichen Gebietes, die wir hier folgen lassen: « Von N nach S fortschreitend, lassen sich folgende stratigraphisch-tektonische Elemente unterscheiden:

1. Auf der Linie Thörishaus-Bern schiesst die *untere Süsswassermolasse* (Aequitanien) mit 5-8° SE Fallen unter die *marine Molasse*.

2. *Unteres Burdigalien*. Zirka 400 m homogene dickbankige Sandsteine, an der Basis Geröllagen mit ausgesprochener Deltastruktur (25-30° N Fallen). An der Sense nachweisbar bis zum Dorfwald (südl. Schwarzenburg), am Schwarzwasser bis westlich Brügglen. Steinbrüche von Ruchmühle und Helfenstein.

3. *Oberes Burdigalien*. Zirka 250-300 m gutgebankte, oft harte Sandsteine. An der Sense bis 750 m unterhalb Guggersbachbrücke, am Schwarzwasser bis 500 m unterhalb Rüscheegg-Graben. Steinbrüche für Ofen und Terrasseplatten östlich und westlich Wislisau....

4. *Unteres Vindobonien*. 100-150 m vorherrschend blaue Molassemergel. Zahlreiche Fundstellen von Belpberg-Mollusken.

5. *Oberes Vindobonien*. 450-500 m vorherrschend Kalknagelfluh. Zentrum Guggershörnli und Schwendelberg. Die grössten Gerölle $\frac{1}{2}$ bis 1 m Durchmesser. Grosse Austern. In der Streichrichtung nach NE immer mehr kristalline Gerölle (Giebelegg, Schalenfluh nordwestl. Noflen). Auffällig ist im Süden ein roter, sandiger Zement. (Südl. unterhalb Guggisberg, Buchwald südwestl. Riffenmatt, Falliweiden, am Westabhang der Giebelegg).

Schwaches südöstl. Einfallen von 3° bis höchstens 15° charakterisiert dieses Molasseland. An der Sense schwache antiklinale Aufwölbungen nachweisbar bei der Grasburg, am Schwarzwasser, bei Butnigenbad und Brügglen; Grasburg-Butnigenbad vielleicht eine zusammenhängende Antiklinale?

6. Auf der Linie Plaffeyen-Laubbach-Riffenmatt-Hirschhorn-Stössen-Noflen ist die subalpine oligocaene Süsswassermolasse auf die marine aufgeschoben. Starke Dislokationserscheinungen lassen sich im Liegenden (Fallvorsassli E Plaffeyen) wie auch im Hangenden (Längeneibad, Südabhang der Giebelegg) nachweisen.

7. Die oligocaene Molasse streicht N 30° - 60° E und fällt in monotoner Weise 20° - 70° SE. Zwischen Ziegerhubelbruch und Giebelegg erreicht diese Zone ihre grösste aufgeschlossene Breite mit zirka 5700 m, was einer Gesteinsmächtigkeit von zirka 4 km entspricht. Folgende Gesteinszonen liessen sich von N nach S unterscheiden:

a. Vorherrschend *bunte Nagelfluh* (Unterlauf des Wyssbachgrabens. Längeneibad, Sonnhalde am S Hang der Giebelegg, Bühlhölzli bei Lohnstorf).

b. *Blättermolasse*, zirka 2 km mächtig, vorherrschend bunte Mergel, daneben bunte Nagelfluh, Knauermolasse, lockere Sandsteine, harte Sandsteine, krummschalige Sandsteinmergel....

c. *Kalknagelfluh* an der Lienegg, Gerölle bis $\frac{1}{2}$ m Durchmesser.

d. *Jordisbodenmergel* und *Goldeggsandstein*, steril, oft flyschähnlich, zirka 1200 m mächtig, vom ultrahelvetischen Mesozoikum und Wildflysch des Gurnigels eingedeckt. Diese Überschiebungsfläche liegt auf der Ostseite des Gurnigels in zirka 1300 m. Im Durchbruch der Sense zwischen Pfeife und Schweinsberg liegt sie bereits unter dem in 800 m liegenden Talboden; sie muss dort zwischen Rufenen und Martisgräbli unter dem Schutt ausstreichen. »

Den Wechsel der tektonischen Lagerung, wie er aus 5. und 6. hervorgeht, nannte Gilliéron (Lit. 18, p. 415) « Juxtaposition », also Anlehnung der subalpinen an die mittelländische Molasse, während wir heute von einer Aufschiebung sprechen. Stratigraphie und Tektonik beweisen

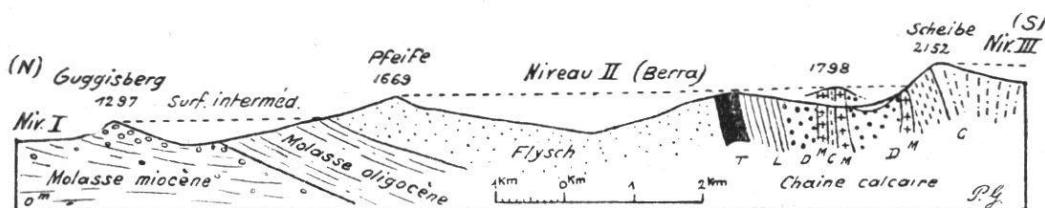


Fig. 3. — Geologisches Profil Guggisberg-Scheibe (nach V. Gilliéron und Ed. Gerber).

somit, dass südlich des Laubbaches niemals Nagelfluh in der Höhe der rekonstruierten Zwischenebene vorhanden war, noch weniger darüber (Fig. 3).

Die beiden Teilstufen fallen also zusammen mit den beiden widerstandsfähigeren Gesteinszonen der Kalknagelfluh (Untere Teilstufe) und des Flyschsandsteines (Obere Teilstufe). Die dazwischen liegende Fläche dagegen entspricht der Zone der leicht abtragbaren oligocaenen Molasse (Unt. Süsswassermolasse). *Wir haben also hier ein typisches Resultat der Erosion und Denudation vor uns.*

In der Berragegend haben wir wieder eine einheitliche, 700 m hohe Stufe von 1000 m auf 1700 m, die zum grössten Teil im Flysch liegt. Die minimale Breite beträgt hier 4,1 km, mit einem Gefälle von 17,1 %. Dieser einheitliche Steilhang an der Berra gleicht ganz demjenigen vom Gurnigel. Wir finden hier auch ultrahelvetische Deckenreste blossgelegt und das Landschaftsbild, mit den bewaldeten Hängen, bietet den gleichen ernsten, fast düstern Charakter.

Westlich der Saane, im Giblouxgebiet, ist nur noch die untere, 300 m hohe Teilstufe vorhanden, die hier von 900 m auf 1200 m Meereshöhe ansteigt und wie am Guggisberg, in der Nagelfluh liegt. Die obere, in oligocaener Molasse und Flysch liegende Teilstufe ist von der Saane vollständig zerstört worden. Siehe zum Vergleich das von Buess (Lit. 12, p. 58) gezeichnete Profil Alpenrand-Mt-Gibloux. Unsere Karte zeigt hier eine dem Guggisberggebiet ähnliche Zwischenfläche, aber nicht in so bestimmter Form, weil eben der obere Teil der Steilstufe hier mangels zuverlässiger Altpunkte konstruktiv weniger gut gestützt ist. Weiter westlich, am Moléson (Niremont), scheint sich die Steilstufe wieder einheitlich zusammenzuschliessen und fällt 700 m hoch, von 1700 m auf 1000 m hinunter, bei 7,6 km Breite und 9,2% Gefälle.

Wie sind nun die für die untere Steilstufe charakteristischen Nagelfluhberge entstanden ? De Girard (Lit. 19, p. 11-31) bezeichnet die Nagelfluhmassive als Schuttkegel von ehemaligen Flüssen, die einen dem heutigen ähnlichen Lauf inne hatten. So entspricht nach diesem Autor die Nagelfluh von Mettlen (bei Wattenwil) dem ehemaligen

Gürbedelta, die Sense hätte den Guggisberg, die Nesslera den Berri, die Riedera das Massiv von Montévraz, die Saane den Mt-Gibloux und seine Fortsetzung gegen Pont-la-Ville gebildet, während der Mt-Pellerin im ehemaligen Akkumulationsgebiet der Rhone liegt. Buess (Lit. 12, p. 21) ist der Ansicht, dass die kalkreichen Nagelfluhen im allgemeinen von kleineren, wenig tief eingeschnittenen Flüssen hergerollt worden sind, während die kristallinreichen von weiter her, direkt aus dem Süden, oder indirekt aus von dort hergeschobenen Decken stammen. Er nimmt die damalige Strandlinie, in Übereinstimmung mit Heim (Lit. 24, I, p. 188), ungefähr unter der Linie Beatenberg-Zweisimmen-Villeneuve an und schliesst, aus den oft stark dimensionierten Geröllen, auf ehemalige starke Flüsse.

Im Jahr 1921-22 führte Beck (Lit. 7) eine ganz neue Arbeitshypothese ein, indem er die Zentralmassive der Schweiz nicht mehr als absolut autochton, sondern als parautochtonen Gebirgsteile auffasst. Nur noch Schwarzwald, Vogesen, Zentralplateau und ihre Vorländer lässt er als vertikal autochtonen Gebiete gelten. Aus dem Verlauf der Schwereabweichungskurven schliesst er, dass die Molasse die Alpen bis nahe an das heutige Rhone-Rheinlängtal untertielt.

Die Nagelfluhbildung fasst er ebenfalls als Deltaformation miozäner Urströme auf, die von der tektonischen Firstlinie der Alpen, als konsequente Abdachungsflüsse in radialer Anordnung zum Alpenbogen nach N flossen. (Lit. 7. Karte.)

Nach diesem Autor wäre die Kalknagelfluh des Guggisberg von einer alten Simme aufgeschüttet worden, deren Oberlauf der Talung der Navizenze im Wallis entspricht. Die Thuner Nagelfluh wäre in Beziehung zu bringen mit einer miozänen Flussrinne Turtmännerbach-Kandertal usw. Die heutigen Alpenübergänge wie Sanetsch, Ravil und Gemmi wären Relikte solcher alter Flusstäler. Gestützt auf die grosse Mächtigkeit der Stämpfenschichten am Thunersee (3700 m), kommt Beck zur Überzeugung,

dass der gesamten Molassebildung eine Mächtigkeit von 8-10 000 m zugeschrieben werden kann.

Doch kehren wir zu unserer unteren Steilstufe zurück! Zusammenfassend können wir sagen: Sie liegt in der Hauptsache im Flysch und nur in Ausnahmefällen (Nagelfluhzentren Guggisberg-Gibloux) in der Molasse. In dieser Stufe liegen die der ultrahelvetischen Decke angehörenden mesozoischen Gesteine wie sie Ed. Gerber (Lit. 15) am Gurnigel ausführlich beschrieben hat, und einzelne exotische Blöcke, deren Geschichte noch wenig bekannt ist. Ferner verdient erwähnt zu werden, dass die untere Steilstufe den riss-eiszeitlichen Rand des Rhonegletschers gebildet hat, der am Gurnigel mit dem Aaregletscher tangierte. Gilliéron (Lit. 18, p. 421) gibt als maximale Höhe der Gletscher am Gurnigel 1320 m an, während Beck (Lit. 5, p. 175) geneigt ist, bis 1406 m zu gehen. Wir finden deshalb in diesem Gebiet Moränen und erratische Blöcke des Rhonegletschers und des Aaregletschers neben solchen lokaler Gletscher. Nach Nussbaum (Lit. 32, p. 228-229) lagen noch im Maximum der letzten Eiszeit (« Würm »), am N Abhang der Berra-Pfeife-Gurnigelgruppe, kleine Gletscher.

In die untere Steilstufe haben sich mit der Zeit die Flüsse tief eingeschnitten. Sie ist die Region der Wildbäche geworden. Interessant ist, wie die Flüsse die rekonstruierten Steilhänge im allgemeinen senkrecht, als konsequente Abdachungsrisse durchschneiden. Auffallend ist das Verhalten der Sense, welche die obere Teilstufe in senkrechter Richtung durchschneidet, dann im Bereich der bereits erwähnten Zwischenfläche des Guggisberg eine Richtungsveränderung nach N vornimmt, hierauf die untere Teilstufe wieder normal durchschneidet, um nachher neuerdings eine Ablenkung nach NNE zu erleiden. Auch im Saanellauf ist ähnliches angedeutet, nur kommen hier diese Verhältnisse, wegen der weiter fortgeschrittenen Zerstörung der oberen Stufe, nicht so gut zum Ausdruck.

Die relative Altfläche II (Berrafläche).

Diese rekonstruierte Niveaufläche zieht sich als ein 1700-1800 m hohes, schwach alpenauwärts geneigtes Hochland parallel zum Alpenrand hin und ist im Kurvenbild unserer Karte, vom Fallbach im E, bis gegen den Moléson im W, auf zirka 43 km Länge gut ausgeprägt. Die Breite dieser Fläche beträgt in der Mitte etwa 6-7 km, mit zirka 1,5 % Gefälle in radialer Richtung zum Alpenrand. Zwischen Schüpfenfluh und Bürglen verengt sie sich auf 3 km mit 3,3 % Gefälle und verliert sich östlich davon. Nach W haben wir ein ähnliches Bild. Sie wird immer schmäler und ihr Verlauf kann aus Mangel an sicheren Punkten von der Saanetalfurche, gegen den Moléson hin, nicht mehr zuverlässig rekonstruiert werden.

Die Berrafläche II liegt fast ausschliesslich im Flysch der Berra-Gurnigelzone und stützt sich nur im S auf das Kalkland der äusseren Randkette des Stockhorngebietes. Schon B. Studer beobachtete, dass diese Zone auf die Molasse aufgeschoben ist, was seither durch die Untersuchungen von Gilliéron, Schardt, de Girard, Beck und Ed. Gerber bestätigt wurde. Der Nordrand der Fläche ruht auf den Flyschbergen des Selibühl (1752 m), der Schüpfenfluh (1723 m), der Pfeife (1669 m) und der Berra (1723 m).

Eine Ausnahme bildet das durch Gilliéron (Lit. 17), Arnold Heim (Lit. 26-27) und O. Büchi (Lit. 11) speziell erforschte, mesozoische Kalk- und Schiefergebirge des ultrahelvetischen Mt. Bifé (« Monsalvens » von Gilliéron). Es erreicht mit 1561 m, trotz seiner teilweise widerstandsfähigen Gesteine, das Niveau der Berrafläche nicht mehr. Der Grund liegt teilweise in der Nähe des Saanetales (exponierte Lage), anderseits kann aus den geol. Profilen geschlossen werden (s. cit. Lit.), dass die harten Schichten überhaupt nie so hoch hinauf reichten. Nach Arnold Heim ist der Mt. Bifé als ein in Flysch schwimmender mächtiger Schürfling aus dem ultrahelvetischen Faciesgebiet zu betrachten.

Betrachten wir vom Selibühl aus die Stockhornkette etwas genauer, so sind wir überrascht von der Fülle der interessanten morphologischen Formen, welche uns die äussere Randkette, (Gantrischkette) bietet. Ein Kenner und Anhänger der glazialen Erosionsformen, wird in erster Linie prächtige Beispiele für den ganzen «glazialen Formenschatz» finden wie: Karnischen, Kartreppen, Seebecken, Trogtäler, Endmoränen, Seitenmoränen, Talstufen, Hängetäler, usw..., siehe die Beschreibung der Gletscherspuren am Nordabhang der Stockhornkette, von F. Nussbaum. (Lit. 32). Der ganze Längskamm der Gantrischkette ist durch eine Reihe von Karnischen zerlegt, die sich tief in den Berg hineingefressen haben. Deutlich erkennen wir eine Endmoräne, die den idyllischen Gantrischsee umschliesst. Vom Gantrischseeli führt eine 200 m hohe Stufe zum fast geschlossenen «Cirque» des Gantrischkumqli hinauf. Moränen sehen wir ferner im Nünenenkar und beim Bad Schwefelberg. Ein Blick auf die Karte sagt uns, dass der «Seeberg-See» von einer Endmoräne der Hengstsense abgedämmt worden ist. Auch der von M. Koncza (Lit. 29) beschriebene und im Maßstab 1:5000 kartierte «Oberhaus»-See, wird von einer Moräne gebildet. Der Vollständigkeit halber sei bemerkt, dass in diesem Gebiet neben lokalen Gletschern auch noch der Rhonegletscher gearbeitet hat, indem er nach Nussbaum (Lit. 32, p. 91) zur grossen «Riss»-Eiszeit ins Jogne-Javroztal eindrang und im Tal der kalten Sense bis gegen Ottenleue reichte. Die Moränebedeckungen, die zwar vielerorts den Flyschboden verbessert haben, sind an den für uns wichtigen Altpunkten unbedeutend und jedenfalls ohne Einfluss auf unsere Untersuchungen.

Eine andere morphologische Eigentümlichkeit ist für die Zone der Berrafläche (Niv. fl. II) bezeichnend. Es sind die von der Gantrischkette herabsteigenden, bereits früher erwähnten, ausgeprägten erhaltenen Rücken, auf welche sich der südl. Rand unserer «Berrafläche» hauptsächlich stützt. Da haben wir im E den von der

Krummefadenfluh, resp. Wirtnerengrat heruntersteigenden Rücken des « Heuberg », der in der Höhe 1800 m scharf gegen Ob. Wirtneren hinunter abbricht. Dieser ca. 700 m lange Rücken besteht aus Dogger. Der Steilabsturz aber liegt in Lias und Trias. Denken wir uns den Rücken in den Luftraum hinaus verlängert, so kommen wir in das Niveau des Ziegerhubel (1621 m), d. h. wir haben die ungefähre Lage der Berrafläche II rekonstruiert.

Daran reiht sich westlich der von der Nünenenfluh abfallende Rücken, der ebenfalls aus Dogger besteht und ungefähr die gleiche Länge erreicht. Von Punkt 1771 an folgt der Absturz in Lias und Trias zum Gürbetrichter hinunter (Tschingelfluh). Nun kommt der Rücken, der die Wasserscheide trägt zwischen Gantrischsense und Gürbe. Er zieht sich vom Gantrisch herunter über Punkt 1770 und besteht wieder im obern Teil aus Dogger, dann Lias-Trias und im Flysch setzt sich der Rücken gegen den Selibühl fort, gleichsam eine Brücke bildend zwischen der Gantrischkette und dem Berra-Gurnigelgebiet.

Der nun folgende, an die Bürglen angelehnte Rücken des Birrehubel, Punkt 1852, endigt breitspurig und kegelförmig zugeschnitten. Er besteht in dem uns interessierenden, der Niveaufläche II angehörenden Teil, in der Hauptsache aus Dogger. Der Steilabfall zur Gantrischsense wird aus Dogger, Lias und Trias (Rauhwäcke) gebildet. Der vom Ochsen heruntersteigende Rücken ist etwas weniger scharf ausgeprägt, nimmt aber von Punkt 1993 an, genau wie die übrigen, die SN Richtung ein. Seine geologische Zusammensetzung ist die nämliche wie die der vorhergehenden. In der Trias dieses Rückens entspringt die bekannte Quelle des Schwefelberg-Bades.

Im Rücken Wannelskopf-Steckhüttengrön, haben wir insofern andere Verhältnisse, als das nördl. Ende desselben bereits aus Flysch besteht, während der dem Gebirge zugekehrte Teil noch aus Kreide, Malm, Dogger, Lias und Trias gebildet wird. Im folgenden Rücken des Hochmättli-Ettenberg-Stoss, der sich an die Kaiseregg ansetzt, domi-

niert bereits der Flysch. Dieser ca. 4,5 km lange, massive Rücken, besteht nur noch im Hochmättligebiet aus mesozoischen Gesteinen. Als letzten und grössten Rücken können wir schliesslich das Berra-Schweinsberggebiet betrachten, das nun ganz aus Flysch besteht.

Zusammenfassend bemerken wir also:

1. *Dass die erhaltenen Rücken alle Richtung SN verlaufen.*
2. *Dass sie auch in der Höhenlage auffallend symmetrisch sind.*
3. *Dass sie von E nach W immer länger werden.*
4. *Dass der Kontakt zwischen dem Flysch und den mesozoischen Gesteinen der Stockhornzone nicht den Südrand der Niveauplätze II (Berrafläche) bildet, sondern unregelmässig innerhalb derselben verläuft.*
5. *Dass somit der geologische Bau keinen Einfluss auf ihren gleichmässigen Verlauf hat.*

Alle diese Momente gestatten uns, zu schliessen, dass wir in diesen Rücken nicht tektonische Formen vor uns haben, sondern Abtragungs- oder Talbildungsformen. Die Übereinstimmung ihrer Höhenlage mit den Flyschbergen der Pfeife-Schüpfenfluh-Selibühl ist auffällig und erlaubt uns, sie als Reste einer ehemaligen, zusammenhängenden Landoberfläche anzusehen, die wir eben als «*Berrafläche*» (*Niv. fläche II*) bezeichnet haben.

In diese alte Abtragungsfläche haben sich die heutigen Flüsse mächtig eingegraben. So im W die Saane mit Jogne und Javroz, im Zentrum die Sense und im E die Gürbe mit Fallbach und der Glütschbach. Die Längsachse der Fläche II wird heute von der Depression Bulle-Broc, Valsainte, Täler des Schwarzsee, der warmen und kalten Sense und einem Talstück der oberen Gürbe eingenommen.

Von der ursprünglichen Oberfläche sind also eigentlich nur noch der Nord- und der Südrand erhalten geblieben. Die Flüsse Javroz-Jogne und die Gantrischsense-Kalte Sense arbeiten in subsequenter Weise an der Vergrösserung der vorgenannten mächtigen Längstalung. Das heutige

Gebiet unserer Zone II besteht zum grössten Teil aus Weideland. Die Vegetation ist üppig, aber wie überall wo Flysch vorherrscht, nicht von hervorragender Qualität. Im Gebiet Pfeife-Selibühl ist in letzter Zeit viel aufgeforstet worden. Ob der Wald wirklich gedeihen wird, ist noch fraglich. Wir finden in dieser Zone viele sumpfige Weiden, sogar mit Torfbildung in Gehängemooren. Die Niederschlagsmenge ist hier am Aussenrand der Stockhornkette bedeutend grösser als im Innern. Die Weiden leiden in regenreichen Sommern sehr unter den Füssen der Weidtiere. Es kommen auch viele Terrainrutschungen vor. So hat der Schwarzsee durch Rutschungen im Flysch unterhalb seines Auslaufes wohl die Hälfte seiner ursprünglichen Länge eingebüsst.

Im Gebiet der mesozoischen Gesteine haben wir im allgemeinen besseres Weideland. Dagegen drohen hier die durch Abwitterung der Kalkfelsen entstehenden Schutthalde vielerorts die oberen Weiden zu überführen und erfordern beständige Abwehr. Diese herabfallenden Steine sind zudem eine ständige Gefahr für Menschen und Vieh.

Die obere Steilstufe.

Die obere rekonstruierte Steilstufe hebt sich im Kurvenbild unserer Karte scharf von der wenig geneigten «Berrafläche» (*Niveaufläche II*) ab. Sie zieht sich parallel zum Alpenrand hin und fällt im allgemeinen von ca. 2150 m Meereshöhe auf 1800 m hinunter. Bei einer mittleren Höhe von 350 m und der nur geringen durchschnittlichen Tiefe von 500-800 m, entspricht dies einem Gefälle von 54 %. Stellenweise ist aber die Stufe fast vertikal. So fällt die Malmwand des Stockhorns in imposantem Absturz fast lotrecht gegen Oberbachalp hinunter.

Die Steilstufe folgt im E zuerst dem Nordrand der eigentlichen Stockhornkette bis zum Stockhorn selbst.

Vom Hohmad bis zur Hengstsense rückt sie an den Rand der Gantrischkette vor. Von der Mähre bis zur Kaiseregg fällt sie wieder auf die Stockhornkette zurück, um westlich vom Nüschelspann neuerdings an die verlängerte Gantrischkette sich anzulehnen. Unsere Karte sagt uns ferner, dass der obere Rand der Steilstufe in seiner Gesamtheit den harten, aber durchlässigen Kreide- und Malmschichten des Alpenrandes folgt. Diese Schichten behalten eben die Altformen viel besser als z. B. die undurchlässigeren und weicheren Dogger-Lias- und Triasgesteine. Von dem im E aus der Thunerseebene aufsteigenden Grat der Nüschlethen, bis hinüber zum Moléson, stellt sich uns die Stufe als eine zusammenhängende, mächtige Felsmauer dar.

Betrachten wir nun kurz die geologischen Verhältnisse einiger Haupttypen der Stufe: Bei Punkt 1988, Nüschlethen, besteht der Kamm aus Unt. Kreide, dem eine steile Malmwand folgt, die von Kreidepartien abgelöst wird, worauf der endgültige Absturz in einer neuen mächtigen Malmwand erfolgt. Die Totalhöhe des Steilhangs beträgt etwa 800 m; die Höhe der rekonstruierten Berrafläche II wird aber in ca. 1800 m Meereshöhe schon am Fuss der oberen Malmwand erreicht.

Von der breiten Kreidefläche des Lasenberges (2020 m) fällt die Stufe zuerst in einer 100 m hohen Kreidewand ab, die in eine ebenso hohe Malmwand übergeht. Im fernern Verlauf des Absturzes gegen Lungerenwald hinunter erscheinen abwechselnd Dogger, Malm und Kreideschichten. Die Totalhöhe der Stufe beträgt ca. 600 m. Die Niveaumenge II wird schon in der oberen Malmwand erreicht. — Am dreikantigen Solhorn (2028 m), fällt die Stufe zuerst in einer fast lotrechten Malmwand zur Niveaumenge II hinunter. Der Steilhang endigt, über z. T. mit Schutt überdeckten Kreide-Malm--Lias- und Triasschichten, im Graben des Feusibaches.

Nun zieht sich die Stufe über die in 1800 m Höhe liegende Schwelle des kleinen, aber interessanten Kummlikares zum Stockhorn hinauf. Die Felsschwelle des sonst

in Kreide liegenden Kares besteht aus einer steilgestellten Malmwand. Am Stockhorn selber ist der Steilhang wohl am schönsten ausgebildet. Zuerst fällt eine über 200 m hohe Malmwand fast lotrecht in die Tiefe, entsprechend der vertikalen Stellung der geologischen Schichten. Daran schließen sich etwas weniger steile Dogger- und Liaspartien, bis zuletzt im wilden Erosionstrichter der Bachalp das zentrale Triasgewölbe erscheint. Das Niveau der Berrafläche II wird aber bereits im Dogger erreicht.

Beck (Lit. 5, p. 153-154) schreibt die Ausbildung der Steilwand Mattenstand-Nüschen-Solhorn, die stratigraphisch und tektonisch aus verschiedenen Komponenten zusammengesetzt und einheitlich schiefl abgeschnitten ist, der Seitenerosion eines mitteldiluvialen Alpenstromes zu. Im vorgelagerten, flachen Kreiderücken des Oberlindental-Grates sieht er ein Relikt jenes ehemaligen Talbodens.

Mit dem runden, ca. 1900 m hohen Doggerrücken des Walalpgrates kommt die Steilstufe an den Rand der Gantrischkette. Sie ist aber hier wenig scharf ausgebildet und gelangt erst weiter westlich, in der Stierenfluh besser zum Ausdruck. Hier hat die Steilstufe nämlich die Doggerschichten traversiert und wird nun vom südlichen Malschenkel der Gantrischsynklinale gebildet. Die Stufe erreicht in einer 200 m hohen Malmwand die Fläche II und setzt sich in weniger steilen Kreidepartien zum Rufigraben hinunter fort.

Bei Punkt 1953, westlich Stierenfluh, liegt der Kamm der Steilstufe mitten im Kreidekern der Synklinale. Eine stärker abfallende Felswand zeigt den Übergang zum Malm an, womit auch das Niveau II erreicht wird. Nach der Malmwand folgen weniger steile Doggerpartien bis zum Schneeloch hinunter, z. T. mit Schutt und Moränen überdeckt. — Beim Mentschelenspitz (2022 m) hat die Stufe die Kreidesynklinale endgültig durchschritten und liegt nun am nördl. Malschenkel. Der Absturz zur Fläche II erfolgt in relativ schwach abfallenden Malmpartien, die von Doggerschichten abgelöst werden. Das Niveau der Berrafläche wird schon im oberen Teil des Dogger erreicht.

Von hier über Kühlauenengrat, Hohmad, Krummefadenfluh, Wirtnerengrat, Nünenenfluh bis zum Gantrisch, folgt der obere Rand der Steilstufe dem gleichen nördlichen Malmschenkel der Gantrischkette. An der gefährlichen Nünenen fällt die Stufe in einer einheitlichen, steilen Malmwand zum bereits früher beschriebenen, angelehnten Doggerrücken der Fläche II hinunter, welcher bei Punkt 1771 mit der Tschingelfluh scharf abbricht. Am Gantrisch fällt die Stufe in einer imposanten, 400 m hohen Malmwand zu dem der Fläche II angehörenden Doggerrücken hinunter, der dann zum Selibühl hinüber leitet.

Weiter nach W ändern sich die geologischen Verhältnisse der Stufe. Die Kreidesynklinale der Gantrischkette steigt aus dem « Kessel » über den Morgetengrat zum Bürglenmassiv (2167 m) hinauf und bildet hier eine ausgedehnte Altfläche. Die Stufe besteht im obern, wenig steilen Teil aus Kreide (Unt. Kreide), der stärker abfallende Malfelsen folgen, bis zum Doggerrücken des Birrehubels. Von der Bürglen zieht sich die erhaltene Steilstufe längs der Gemsfluh schneide, die eine nördl. und südl. Karnische trennt, zum Ochsen (2190 m) hinauf. Hier beginnt die Stufe zuerst mit einer steilen, wenn auch nicht sehr hohen Malmwand, die von Kreidefelsen abgelöst wird. Dann folgt wieder Malm, dem sich Dogger anschliesst, womit das Niveau der Fläche II erreicht ist. Der weitere Abfall liegt in Lias und Trias z. T. von Quartär überdeckt, mit der bereits erwähnten Endmoräne beim Schwefelbergbad.

An der Scheibe und Mähre ist die Steilstufe auf die Stockhornkette zurückverlegt. Der Absturz von der Scheibe (2152 m) geschieht zuerst in Oberer Kreide, dann Unt. Kreide, hierauf folgt ein schmales, zur Mähre hinaufziehendes Malmband. In der nachfolgenden Doggerpartie wird das Niveau der Fläche II erreicht. Der Rest der Stufe ist mit Quartär überdeckt, der als Endmoräne des ehemaligen Hengstsensegletschers den Seeberg-See bildet. Bei der Mähre (2093 m) besteht der obere Rand der Stufe aus Malm. Der Abfall zur Fläche II, die durch den Wannelskopf angedeutet ist, erfolgt in Doggerschichten.

Die Kaiseregg trägt die Steilstufe wieder sehr schön ausgebildet und erinnert an das Stockhorn. Der oberste Teil besteht aus einer steilen Malmwand. Dann folgt ein Doggerhang zum kleinen Karsee von Oberhaus hinunter. Der Boden des Kares ist mit Moräne und Schutt überdeckt. Das Niveau des, der Fläche II angehörenden Hochmättli, wird schon in der Mitte des Doggerhanges erreicht.

Jenseits des Nüschenpasses, wo die Stufe wieder an die eigentliche Gantrischkette vorrückt, haben wir am Mt. Bremenga (1926 m) noch eine ausgeprägte Steilstufe, beginnend in Kreide, mit dem Hauptabsturz in Malm, dem Dogger, Lias und Trias folgen. Weiter nach Westen senkt sich die Kammlinie der Steilstufe immer mehr und es können, wegen der hier erfolgten starken allgemeinen Abtragung, die Beziehungen zu unserer rekonstruierten Stufenlandschaft nicht mehr eindeutig verfolgt werden.

Aus der geologischen Betrachtung der oberen Steilstufe ergibt sich, *dass dieselbe nicht an eine bestimmte Schicht gebunden ist, es ist keine Schichtstufe*. Die obere Steilstufe schneidet im Gegenteil mancherorts stratigraphisch und tektonisch verschiedene Schichten einheitlich schief durch. Wir gewinnen deshalb bereits den Eindruck, *diese Stufe sei, wie die untere, ebenfalls durch Erosion und Denudation entstanden*.

Die relative Altfläche III (Stockhornflur).

Das Kurvenbild dieser obersten relativen Niveaufläche stellt eine leicht gewellte Hügellandschaft dar, in der Höhenlage 1900 m - 2200 m. Dies entspricht der von Heim zu 2100 m angegebenen Höhe der Gipfelflur der Villeneuve-Stockhornzone. (Lit. 24, II, p. 675). Diese Hügellandschaft lässt sich auf unserer Karte vom Brunnenmassiv im W bis zum Nüschenpass im E auf eine Länge von 28-

30 km gut verfolgen. Sie folgt ziemlich genau der allgemeinen Orientierung des Alpenrandes und hat eine mittlere Breite von 3 km.

Topographisch wird die Stockhornflur gebildet von 3 Ketten:

1. *Die äussere Randkette* (Gantrischkette) mit Brunnenmassiv, Bremenga, Ochsen, Gantrisch, Hohmad und Mentschelenspitz;

2. *Die mittlere Kette* (eigentliche Stockhornkette) mit Schafberg, Kaiseregg, Scheibe, Wanklifluh, Schwiedenegg, Stockhorn, Nüschnlethen.

3. *Die innere Randkette* (Gastlosenkette i. w. S.) mit Bäderhorn, Stockenfluh, Brämenfluh. Zwischen der äussern und mittleren Kette erscheint eine ausgeprägte Depression, es ist die Antiklinalzone Grenchen, Morgeten, Walalp-Bachalp. Zwischen der mittleren und der innern Kette liegt die Synklinalzone des Walopsee und der beiden Stockenseen.

Geologisch gesprochen wird die Stockhornkette von der Klippendecke (nappe des préalpes médianes) gebildet, die in mächtigen, steilgestellten Falten auf den Flysch der Berra-Gurnigelzone aufgeschoben ist. Wir unterscheiden in unserm speziellen Untersuchungsgebiet 3 Antiklinalzüge und 3 Synklinalzonen:

Der *nördl. Antiklinalzug* besteht vorherrschend aus Lias und Trias und erstreckt sich, oft unterbrochen, am Außenrande der Kette von Arsajoux über Dosenrain, Schwarzee, Wirtneren bis zum Langeneckgrat. Die Schichten stehen steil und da keine Gewölbeumbiegungen erhalten sind, so lässt sich der Faltengang nicht leicht rekonstruieren. Nach den Untersuchungen von P. Beck und Ed. Gerber besitzt die Zone Schuppenstruktur.

Daran schliesst sich südlich eine erste *Synklinalzone*, im Brunnenmassiv beginnend, vom Nüschenpass unterbrochen und am Ochsen-Bürglen wieder erscheinend. Es ist die Fortsetzung der grossen « Greyerzer Kreidemulde » (s. Heim Lit. 24. II). Von der Bürglen an zieht sich diese

Kreidesynklinale über Morgetengrat-Im Kessel längs dem Südhang der Gantrischkette hin, um dieselbe bei Punkt 1953 östl. Mentschelenspitz zu überschreiten und gegen das Stockental und Lindental abzubrechen.

Nun folgt südlich der mächtige *Antiklinalzug Vanil-noir-Stockhorn*. Das Gewölbe erleidet im Nüschelpass eine interessante Horizontalflexur und wird etwa 4-5 km nach N verschoben. Beim Traversieren des Nüschelpasses kann man den zu Tage tretenden Triaskern gut beobachten. Nach dieser Querstörung setzt sich der Antiklinalzug über Hohmättli-Wannels-Grenchen-Morgeten-Walalp bis Bachalp, am Fusse der Stockhornwand fort, auf der ganzen Länge in einer schmalen Zone den Trias entblößend. Das Stockhorn selber besteht aus dem südl. Malmflügel dieses vertikal aufgerichteten Gewölbes. Den Trias- Lias-Kern begleiten beidseitig auf weite Strecken breite Streifen von Dogger, während die geöffneten Schenkelkanten aus Malm bestehen. Am Thalmattenspitz trennt eine Dogger-Lias Mulde das Hauptgewölbe in 2 Falten (nach Ed. Gerber).

Die nun folgende Synklinale ist die Fortsetzung der zwischen Vanil Noir- und Gastlosenantiklinale eingebetteten Flyschmulde. Nach Überschreiten des Jaunbaches und der Klus von Boltigen, setzt sich die Mulde als *Kreidesynklinale* fort über Schafberg, Rothekasten, Schafarnisch, Scheibe Widdersgrind, Neuenberg, Wankli, Bunschli, Loheren, ins Gebiet der beiden Stockenseen. Dort teilt das Keibhorn die Kreidemulde in zwei Arme, die E vom Stockhorn und in der Nüschnlethen endigen.

Schliesslich nimmt noch die *Gastlosenantiklinale* am Aufbau der Stockhornkette teil. Sie zieht sich als schmale, scharfe Rippe über die stolzen Felshäupter des Marchzahn, Bäderhorn, Berge N Boltigen bis zur Weissenburg-Klus, wo sie fast im N-Hang des Simmentales verschwindet. Weiter östlich gelangt sie wieder zu grösserer Bedeutung und bildet in komplizierter Weise und oft verschuppt, die Stockenfluh, die Mieschfluh, die Brämenfluh und die Wimmisfluh. Die Burgfluh bei Wimmis kann ebenfalls der Gastlosenantiklinale zugezählt werden.

An die Gastlosenantiklinale legt sich im S noch die weite Synkinalzone des Simmentalflysches. Diese Flyschzone reicht aber nirgends in das Niveau unserer Stockhornflur hinauf. Die Stockhornkette besteht also in unserm Untersuchungsgebiet fast ausschliesslich aus mesozischen Gesteinen.

Nach unserer rekonstruierten Karte setzt sich das «Hügelland» der Stockhornflur zusammen aus *4 ausgesprochenen Höhenzentren*: Im W das Höhenzentrum des *Brunnenmassiv*, dann das Höhenzentrum *Kaiseregg-Scheibe*, das Höhenzentrum der *Bürglen* und das Höhenzentrum des *Stockhorns*. Besonders interessant ist nun die Tatsache, dass diese Höhenzentren oder Hügel, mit den harten aber durchlässigen Schichten der Klippendecke zusammenfallen, d. h. ausschliesslich in der Kreide und im Malm liegen. Es bestätigt sich also hier wieder die Regel, dass die wasserdurchlässigen Gesteine die alten Formen am besten bewahren.

Diese rekonstruierte Hügellandschaft ist jedenfalls als ein angenähertes *Abbild* der pliocänen Abtragungsfläche aufzufassen. Natürlich kann es sich hier nicht um eine genaue Rekonstruktion der damaligen Verhältnisse handeln, weil auch die besten erhaltenen «Altflächen» unseres Gebietes, wie Bürglen und Lasenberg, doch nur «relativ» sichere Zeugen sind. Diese Altflächen haben auch den Einfluss der allgemeinen Abtragung erlitten, sind aber infolge günstiger Verhältnisse (Lage, Gestein), relativ besser erhalten geblieben als die benachbarten Gebiete.

Die Höhenzentren Bürglen und Stockhorn werden durch weiche undurchlässige Schichten (Dogger-Lias-Trias) von einander geschieden. Diese entsprechen der Antikinalzone Grenchen-Walalp. Ebenso sind die Höhenzentren Kaiseregg und Brunnenmassiv im Nüschenpass durch undurchlässige Triasschichten von einander getrennt.

Vom Morgetengrat, Punkt 2059 gewinnen wir einen guten Überblick über die Verhältnisse dieser Hügelland-

schaft der Stockhornflur. Ein von mir nach der Karte 1:10 000 hergestelltes Panorama in Parallelprojektion, zeigt diese rekonstruierte «Altlandschaft» von der Simmentalseite her gesehen, umfassend das Gebiet von der Scheibe im W bis Nüschenlen im E.

Vorläufiges Ergebnis.

Die bisherigen Untersuchungen bestätigen das von Cressier aus Gesehene, nämlich:

1. *Im Untersuchungsgebiet zwischen Aare und Saane sind drei relative Altflächen vorhanden, getrennt durch 2 Stufen.*

2. *Diese Flächen und Stufen verlaufen parallel zum Alpenrand und zum geologischen Aufbau.*

Frage: Ist diese Stufenlandschaft *tektonisch*, d. h. durch *Aufschiebung* entstanden, oder durch *Talbildung (Erosion und Denudation)*? Bevor wir diese Frage beantworten, wollen wir einen Vergleich machen mit den Nachbargebieten in Bezug auf die beschriebenen Flächen und Stufen.

Vergleich mit Nachbargebieten.

1. Fortsetzung der Stockhornflur im Nachbargebiet.

(Niveauläche III.)

Ähnliche Verhältnisse finden wir in der *Spielgertenkette*, wo die Erhaltung von Hochflächenresten durch die wenig geneigte Schichtenlagerung begünstigt wird. Dabei treten in der Spielgertenkette sowohl weiche Gesteine (Ob. Kreide, Flysch) als auch harte (Malm, Hornfuhbrecien, Triaskalke) gipfelbildend auf.

In Übereinstimmung mit der geologischen Karte von Rabowski konstatieren wir das Vorherrschen von Altflächenresten in der ungefähren Meereshöhe von 1900-2100 m. Heim (Lit. 24, II, p. 675) gibt die Höhe der Gipfel-
flur der Hornfluhzone zu 2100 m an. Eine gut erhaltene
Fläche ist das aus Ob. Kreide bestehende Hochplateau
des Thurnen (2083 m). Zu erwähnen sind ferner, Abendberg
1855 m (couches-rouges Flysch), Buntgabel-Buntelalp
1951-1926 (Flysch), Niederhorn 2080-ca. 1900 (Hornfluh-
breccie-Malm-Flysch), Bunschlergrat-Hohmad 2000-1900
(Hornfluhbreccie), Stand-Grathörnli 1942-1940 (H. Br.,
C. R., Fl.), Seeberggebiet 1800-1900 (Fl., C. R., Malm,
H. Br.).

Von diesen Gesteinen sind Flysch und Couches-rouges
undurchlässig, weich und leicht abtragbar, dagegen Malm
und Hornfluhbreccien widerstandsfähig, klüftig und durch-
lässig. Trotzdem konstatieren wir eine einheitliche Bildung
der Altfläche aus beiden Sorten von Gesteinen. Die zum Her-
auspräparieren speziell geeigneten harten Gipfel der Brec-
ciendecke überragen das allgemeine Niveau bloss um wenige
Meter: z.B. Grathörnli 1940 m (Br. inf.-Flysch) ca. 20 m,
Geissfluh 2079 m (Br. inf.-Flysch) ca. 100-180 m, Kumigalm
2127 m (Br. inf.-Flysch) ca. 100 m.

Die Zeugen der Spielgertenflur bestehen also nicht,
wie in der Stockhornflur, nur aus harten oder durchläs-
sigen Gesteinen, sondern überwiegend auch aus weichen,
undurchlässigen und leicht abtragbaren, wie Couches
rouges und Flysch. Die Rekonstruktion der «Spielgerten-
hügellandschaft» würde eine der Stockhornflur ähnliche
Ansicht ergeben. Den zusammenhängenden, gut erhaltenen
und ziemlich gleichmässig hohen Grat der Niesenketten
(2300-2400 m), können wir ebenfalls als Zeugen dieses re-
lativen «Altlandes» betrachten.

Östlich des Thunersees sind Sigriswilgrat, Beatenberg,
Gemmenalphorn, Augstmatthorn und Hohgant gute Zeu-
gen der pliocänen Abtragungsfläche. Allerdings bilden der
dortige Hohgantsandstein und der Schrattenkalk einen

harten, widerstandsfähigen, mehrere 100 m dicken Panzer. Trotz den sehr verschiedenen Abtragungsbedingungen besitzt auch dieses Gebiet die gleiche allgemeine Höhe, wie folgende Zahlen zeigen:

Sigriswilgrat 1700-2050 (Lithamnienkalk und Flysch-schiefer);

Niederhorn 1965 m (Hohgantsandstein);

Gemmenalp ca. 2000 (Hohgantsandstein);

Grünenberg-Seefeld 1800-1900 (Hohgants.- und Schrat-tenkalk);

Steinige Matt-Hohgant 2000-2100 (Hohgantsandstein)

Bohlegg ca. 1800 m (Flysch).

Diese Übereinstimmung der Stockhornflur mit den Nachbargebieten bietet auch einen Beweis für die Richtigkeit der Annahme einer einheitlichen Altfläche.

2. Fortsetzung der oberen Steilstufe im Nachbargebiet.

Östlich der Aare finden wir die obere Steilstufe des oberen Alpenrandes gut ausgeprägt am Sigriswilgrat, am Hohgant und an der Schrattenfluh. Sie fällt dort von

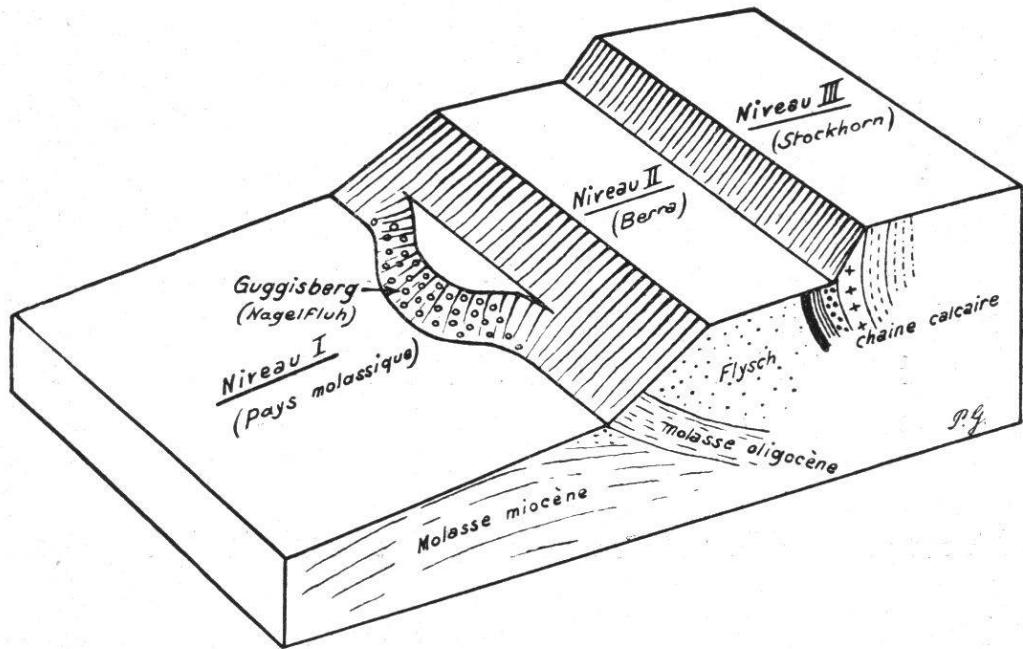


Fig. 4. — Stufenlandschaft westlich der Aare.

2000 resp. 2200 m auf ca. 1800 m steil hinunter. Während aber im Stockhorngebiet die steilen Malmwände auch steil geschichtet sind (Fig. 4), so haben wir hier einen Steilhang

in flacher Schichtung (Fig. 5), also unter ganz anderen Verhältnissen.

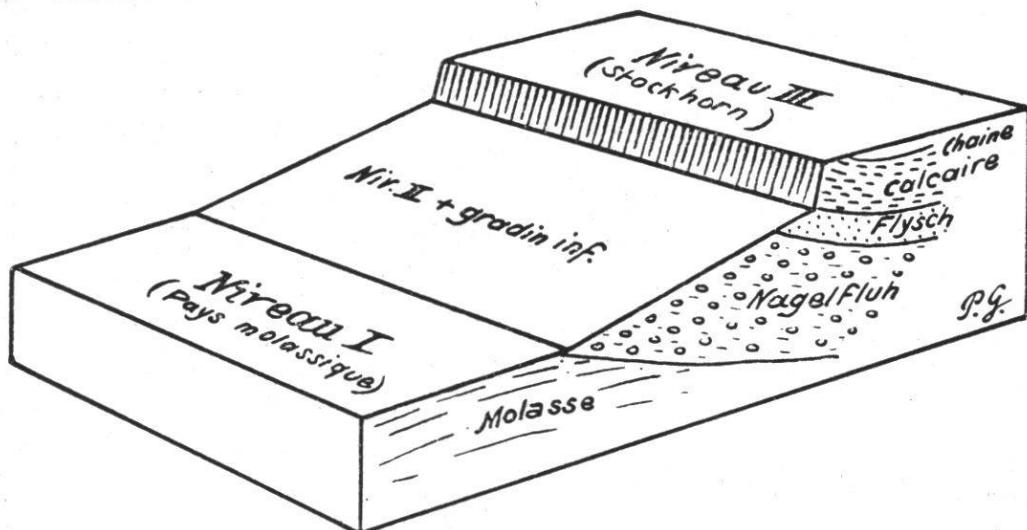


Fig. 5. — Stufenlandschaft östlich der Aare.

Westlich der Saane können wir die obere Steilstufe auch am Moléson wieder erkennen, wenn auch nicht so deutlich ausgeprägt.

3. Fortsetzung der Berrafläche im Nachbargebiet. (Niveaufläche II.)

Östlich der Aare ist die relative Fläche II nur schmal aber charakteristisch ausgebildet in der subalpinen Flyschzone am Sigriswilgrat (Zettenalp-Hörnli-Schöriz).

Westlich der Saane, gegen den Moléson hin, wird die Berrafläche immer schmäler und kann aus Mangel an sicheren Punkten nicht mehr rekonstruiert werden. Die stärkere Erosion und Denudation hat hier die Spuren der Altflächen fast ganz verwischt.

4. Fortsetzung der unteren Steilstufe im Nachbargebiet.

Die untere Steilstufe ist östlich des Thunersees kaum bemerkbar (Zettenalp-Sausenegg), da dem Flysch hier bis weit ins Mittelland hinaus widerstandsfähigere Nagelfluh vorgelagert ist. Die Flächen II und I gehen deshalb hier mit fast gleichmässigem Gefälle ineinander über, so dass

eigentlich im ganzen nur 2 Niveauflächen unterschieden werden können, nämlich eine obere, die der Stockhornflur entspricht und eine untere, schwach geneigte, die sowohl das Berra- als auch das Molasseniveau enthält (Fig. 2 und 5).

Westlich der Saane scheint sich die infolge des Nagelfluhzentrums Gibloux geteilte untere Stufe am Moléson wieder zu schliessen. Die Gesamtstufe wird aber so breit, dass von einem eigentlichen Steilhang nicht mehr gesprochen werden kann (Fig. 2).

5. Fortsetzung des Molasselandniveau im Nachbargebiet. (Niveaufläche I.)

Wie soeben im vorhergehenden Abschnitt erwähnt wurde, gehen östlich der Aare die Flächen I und II (Molasselandniveau und Berraniveau) ineinander über. Westlich der Saane dagegen behält das Molasseland bis an die Jurasenke und gegen den Genfersee hin seinen typischen Plateaucharakter, um plötzlich steil gegen das «junge Tal» des Lac Leman abzufallen.

Ergebnisse aus dem Vergleich mit Nachbargebieten.

Östlich der Aare verschmelzen die Niveauflächen I und II (Molasseland und Berraniveau) unter dem Einfluss der stärkeren Nagelfluhbildung. Daraus folgt, dass die Entstehung der unteren Steilstufe in unserem Untersuchungsgebiete westlich der Aare (zwischen Aare und Saane), der stärkeren Denudation des Sandsteinlandes im Vergleich zur Flyschzone zuzuschreiben ist und nicht der tektonischen Aufschiebung der letztern auf das Molasseland. Dass dem so ist, wird in ausgezeichneter Weise durch das Verhalten des Nagelfluhzentrums Guggisberg bestätigt.

1. *Ergebnis: Die untere Steilstufe am Alpenrand ist entstanden durch Erosion und Denudation d. h. durch Talbildung und nicht durch tektonische Aufschiebung der Flyschzone auf das Molasseland.*

Um Missverständnissen vorzubeugen, sei bemerkt, dass allerdings die Gesteinsschichten *tektonisch plaziert* wurden. *Die Herausmodellierung der Steilstufe* ist aber das *Werk der Erosion und Denudation*.

Aus dem Vergleich mit den Nachbargebieten sehen wir ferner, dass die *Fläche III (Stockhornflur)* und die *obere Steilstufe* *beidseitig der Aare* unter *ganz verschiedenen geologischen Schichtverhältnissen* gut ausgebildet vorhanden sind.

Um zu entscheiden, ob die *obere Steilstufe* am Alpenrand im morphologischen Sinne tektonischen Ursprungs, oder durch Erosion oder Denudation entstanden sei, müssen noch weitere Gesichtspunkte herangezogen werden. Wir werden zu diesem Zwecke die Talbildung in der Stockhornkette genauer studieren, d. h. die Eintiefung in die relative Fläche III näher untersuchen.

Flächen und Stufen innerhalb der Stockhornkette.

Wir konstatieren im Innern der Stockhornkette eine ganze Reihe von fast horizontalen Flächen und Böden, die uns den Eindruck von Altflächenresten machen, analog den bereits beschriebenen der Freiburger Stufenlandschaft. Ein genaues Studium dieser « Zeugenflächen » würde uns vielleicht erlauben, verschiedene Unteretagen zu unterscheiden, wie z. B. in der unmittelbaren Nähe des Stockhorns gut ersichtlich ist.

Die Zusammenfassung dieser Unteretagen zu respektiven Niveauflächen, stösst aber sofort auf erhebliche Schwierigkeiten, sobald man grössere Gebiete ins Auge

fasst, indem die Ausdehnung der « Zeugen » und die Höhendifferenzen zwischen denselben oft zu klein sind, um eindeutig die verschiedenen Unterniveaux von einander unterscheiden zu können. Suchen wir deshalb vorerst ganz allgemein nach Altflächenresten im Gebiet der Stockhornkette, die unserer Berrafläche II ausserhalb entsprechen.

Bei dieser Untersuchung werden wir auch den Einfluss der Vergletscherung zu berücksichtigen haben. Nach Brückner liegt heute die Schneegrenze der Stockhornkette in 2500-2600 m Meereshöhe. Dieses Gebiet liegt also nur 300-400 m unter der Schneegrenze, woraus sich das lange Verweilen des Schnees an einzelnen schattigen Stellen erklärt. F. Nussbaum (Lit. 32) beschreibt ausführlich die eiszeitliche Vergletscherung und die Gletscherspuren im Stockhorngebiet, auf welche grösstenteils auch schon Gil-liéron (Lit. 18) aufmerksam gemacht hat.

Die Schneegrenze der damaligen Gletscher lag in 1500-1650 m Höhe. Demgemäß werden wir vorläufig nur Flächen über 1500 m Höhe betrachten, denn die tiefer gelegenen sind von Erosion und Gletscherwirkung (grosse Eisströme und lokale Gletscher) zu stark bearbeitet, als dass sich noch Altflächenniveaux mit Sicherheit rekonstruieren liessen. Die Moränebedeckung ist dagegen im ganzen Stockhorngebiet relativ gering, jedenfalls bei den uns interessierenden Altflächen ohne Einfluss auf unsere Untersuchungen.

Wir haben die der Berrafläche II entsprechenden Altflächen im Gebiet der Stockhornkette auf der Karte 1:50 000 rot eingezeichnet. Im W beginnend, finden wir ausgedehnte Flächen dieser Flur im Gebiet der Walopseen: Südlich Punkt 1802 bis hinüber zu Punkt 1816-1830 Stierenberg, dann E dem Rothenkasten zwischen Höhenkurve 1770 und 1800, ferner bei Punkt 1763. Diese Punkte resp. Flächen liegen in der Kreide und Couches rouges und können wir sie als relativ zuverlässig betrachten. Daran reihen sich östlich Flächen bei Richisalp Punkt 1777-Punkt 1800, Hohmad Punkt 1875, der schöne Boden

bei den Hütten von Alpligen, Flächenreste bei Neuenberg Punkt 1881 und Wankli Punkt 1686. Auch diese Flächenreste liegen alle in der Kreide. Im Morgetengebiet finden wir fast horizontale Flächen westlich dem Riprechtenseelein in 1830 m Höhe (Trias), ferner sehr ausgedehnte Altflächen zwischen dem Hahne und der Nase bei Punkt 1817, Punkt 1842 und Punkt 1810 und östlich davon bei Hinterwank Punkt 1784 (Karte 1: 25 000). Diese Flächen liegen im Dogger und Lias.

Den oben genannten Flächen entsprechen auf der nördlichen Seite des Morgetenbaches Altflächen bei « Auf Than » 1830 m (Malm), bei Punkt 1836 (Kreide), bei « Kneubossen » Punkt 1861 (Kreide), Stierenlager (Trias), Schafbergli Punkt 1808 (Lias) und der Sattel von Schwedenegghüttli in 1850 m Höhe (Dogger). Ferner gehören in dieses System Altflächenreste bei Obere Morgetenhütten und westlich davon, in der ungefähren Höhenlage 1700 m (Lias-Trias). Die Altflächenreste im Morgetengebiet stützen sich auf ganz verschiedene Gesteine wie Kreide, Malm, Dogger, Lias, Trias; sie sind also nicht an eine bestimmte Schicht gebunden. Wenn wir vom Morgetengrat oder Schwedenegghüttli aus dieses Gebiet überblicken, so haben wir den Eindruck, dass diese *Flächenreste allen Talformen angehören*, dass es *Erosionsflächenreste* sind.

Die von den beidseitigen Gräten herunterhängenden Flächen sind die hohen Teile der alten Talböden, während die tieferen Teile wegerodiert sind. Im Gegensatz dazu sind im Walopseegebiet auch die tieferen Teile erhalten geblieben.

Gehen wir weiter ins Gebiet des Talberg und des Walalpbaches. Hier finden wir dem gleichen Niveau entsprechende Altflächen bei « Im Kessel » (Kreide) in 1990 m Höhe, bei « Matten » (Dogger) Punkt 1809, am Hang nördl. Schwedenegg längs der Höhenkurve 1800 (Dogger), östl. der Schwedenegg bei Punkt 1804 (Dogger), am Haggen Punkt 1658 (Malm), Hugyfluh Punkt 1807 (Malm), dann südlich der Krummefadenfluh bei Schitterwang (Kreide)

in 1800 m Höhe und Kuhlauenen (Kreide) in 1700 m. Dann folgen Flächenreste bei Widderfeld (Kreide) in 1860 m, Ob. Walalp (Kreide und Trias) in 1700-1800 m Höhe. Die Niveaufläche II zieht sich in diesem Gebiet über ganz verschiedene Gesteinszonen hin. Der Blick vom Morgetengrat aus, lässt nun auch diese Flächen als *Reste alter Talböden* erscheinen.

Ein gut erhaltenes « Altland » derselben relativen Niveaufläche liegt im Gebiet der beiden Stockenseen: Flächen bei Punkt 1852 westlich Oberstockensee, Flächen bei Ober Stocken Punkt 1793 und westlich davon, ausgedehnte Flächen bei Vorder Stocken, Punkt 1741 bis Höhenkurve 1800 nördlich davon, ferner Terrassenflächen längs der Kurve 1800 m westlich Lasenberg, das Kar des « Kumqli » Punkt 1785 und Altflächenreste bei Vorder Stocken in 1800 m. Diese Altflächenreste verdienen besondere Beachtung, weil sie alle in der formerhaltenden, durchlässigen Kreide liegen und weil sie sich im Innern des geschlossenen Flussgebietes der Stockenseen mit ihren unterirdischen Abflüssen befinden. Hier hat die Erosion und Denudation sicher nicht so viel verändern können, wie anderwärts bei offenen Flussgebieten.

Zwar haben sich die Seen infolge des unterirdischen Abflusses und der fortschreitenden Denudation bereits um ca. 30 m unter die alten Abflusswellen gesenkt. Die ehemalige Schwelle des Oberstockensees liegt bei Wandels Punkt 1688 (1: 25 000), diejenige des Unterstockensees am Krinnliweg (Klusi) in 1634 m, während die resp. Seespiegel in 1658 m und 1595 m liegen. Das ehemalige Tal der Stockenseen wird durch den widerstandsfähigen Malmzug des Keibhorns in 2 Teile (Bassins) zerlegt: Oberstockensee mit Schneeloch, Unterstockensee mit Kumqli. Eine genaue Beschreibung dieser « bassins fermés » gibt Lugéon und Jérémie (Lit. 28).

Weiter im E gehören diesem gleichen Niveau Flächenreste an, am östlichen Ausläufer der Brämenfluh (Malm) in ca. 1800 m und solche am Nüschatengrat (Kreide, Malm)

in 1600-1860 m Höhe. Auf der Simmentalseite finden wir ferner noch markante Zeugen dieser Flur bei Ober Loheren Punkt 1806 (Kreide, Malm) und Wildenstein in der Höhe 1800 m (Kreide).

Als Hauptzeugen für diese Erosionsflächenreste wollen wir die ausgedehnten Hochflächen des Heitiberges in 1500-1600 m Höhe betrachten (Dogger, Lias). Über diesen mächtigen, abgerundeten Rücken floss nach Beck (Lit. 5, p. 175) der durch den Aaregletscher zeitweilig gestaute Simmengletscher hinaus. Diese Hochfläche des Heiti ist so auffallend und ausgedehnt, dass wir das in vorstehendem beschriebene Niveau *Walop-Morgeten-Im Kessel-Stockenseen-Heiti*, kurzweg als *Heitiniveau* bezeichnen wollen.

Zusammenfassung und zweites Hauptergebnis.

Im *Innern der Stockhornkette* lässt sich ein der *Berrafläche* (*Niv. fl. II*) entsprechendes *Altflächenniveau* nachweisen. Dieses *Heitiniveau* liegt in der ungefähren Höhe 1800-1700-1600-1500 m, während wir für die *Berrafläche* die Höhe 1800-1700 gefunden haben. Es herrscht also auch eine gute Übereinstimmung in der Höhe.

Die Altflächen im Innern der Stockhornkette und im Simmental (Heiti) erscheinen als ausgesprochene alte Talböden d. h. Erosionsflächenreste.

Die zu dieser durchgehenden Altfläche (*Niv. fl. II*) abfallende *obere Steilstufe* muss infolgedessen durch *Erosion und Denudation entstanden sein*. Wir können wohl ohne weiteres annehmen, dass das *Berra-* und das *Heitiniveau* *ausserhalb und innerhalb der Stockhornkette auf gleiche Art entstanden ist*, nämlich durch Talbildung. Daraus folgt als *zweites Hauptergebnis*:

2. Ergebnis: Die obere Steilstufe am Alpenrand ist entstanden durch Erosion und Denudation, also durch Tal-

bildung und nicht tektonisch, durch Aufschiebung der Klippe-decke auf die Flyschzone.

Wie schon beim 1. Hauptergebnis (Untere Steilstufe) bemerkt wurde, muss auch hier deutlich zwischen tektonischer Plazierung der Gesteine und der Entstehung der Bodenform unterschieden werden.

Heim (Lit. 24, II, p. 673) sagt in der Besprechung der Oberflächengestalt der Vanil Noir-Stockhornkette: « Der Aussenrand (N Rand) ist tektonisch gegeben durch die ursprüngliche Überschiebung ». Er schreibt die steilen Abstürze der Préalpes nach dem Vorlande hin « dem Schälen der Verwitterung nach dem innern Bau » zu. Heim hält die « feinere Form » für Verwitterungsmodellierung, während die sonstige « Anordnung und Gestalt » vorwiegend tektonischen Ursprungen ist.

Gestützt auf die vorliegenden Untersuchungen im Stockhorngebiet, komme ich zur Überzeugung, dass der Einfluss der Tektonik auf die Oberflächengestalt weniger gross ist als Heim annimmt und dass die Entstehung der Steilstufen am Alpenrand fast ganz der Erosion und Denudation zuzuschreiben ist.

Dieses Ergebnis dürfen wir wohl auch auf den Alpenrand östlich der Aare übertragen, trotzdem dort die flache Lagerung des Kalk- und Schiefergebirges der Niederhorndecke eine zuverlässige Kontrolle ausschliesst. Der Unterschied zwischen Schichtstufe und altem Talboden kann dort nicht so leicht gemacht werden. Ebenso haben wir gesehen, dass im Spielgertengebiet die Steilstufen nicht so leicht zu bestimmen sind.

Die besonders günstigen Verhältnisse im Stockhorngebiet, (vertikale Aufrichtung der Schichten) die jede Verwechslung zwischen Schichtstufe und Talbildungsstufe ausschliessen, haben uns erlaubt, eine allgemein gültige Regel für die Entstehung der Steilstufen am Alpenrand aufzustellen. Wir können dieses Resultat also auch anwenden für Gebiete wo die Verhältnisse weniger klar sind. Ein weniger günstig gewähltes, wenn auch grösseres Gebiet, hätte

uns nicht zum Ziele geführt wie dieses relativ kleine Einzelgebiet der Stockhornkette!

Talbildung innerhalb des Heitiniveau

(Niveaufläche II.)

Wir haben die Altflächen des Molasselandes (Niveaufläche I) aus einzelnen höchst gelegenen Punkten rekonstruiert. Durch mehrere Phasen der Talbildung und Gletscherwirkung wurde dieses Niveau dann zerlegt. Infolge der auf viel engerem Raume beschränkten Vorgänge im Innern der Stockhornkette, können wir nicht erwarten, hier eine einheitliche entsprechende Altfläche I zu finden. Es wird die Fläche II (Heitiniveau = Berrafläche), — wenn auch vielfach abgestuft, direkt in das Niveau der tiefsten Talbildung übergehen.

Auf der Karte 1: 10 000 haben wir die wichtigsten Reste von alten Erosionsflächenresten eingetragen und auf der Karte 1: 50 000 eine wichtige Hauptetappe der Eintiefung in das Heitiniveau mit blauer Farbe angegeben. Es würde zu weit führen, sie alle einzeln hier aufzuzählen.

Als eindrucksvolle Zeugen der Eintiefung in die alte Niveaufläche II müssen wir die beiden Stockenseen betrachten, die sich trotz dem « nur » unterirdischen Abflusse bereits um ca. 30 m unterhalb die ehemaligen Schwellen (*verroux*) eingetieft haben. Als wichtige Phase der Einsenkung in dieses Niveau können wir ferner den bereits früher genannte flachen Rücken des Oberlindental, Punkt 1365, bezeichnen. Dem eigentlichen Molasseland-Niveau würden schliesslich die Altflächenreste entsprechen auf der Burgfluh bei Wimmis, Punkt 975- Punkt 990 (Fig. 6).

Aus der Betrachtung der verschiedenen Flächenreste im Gebiet der Stockhornkette schliessen wir, *dass die Ein-*

tiefung in die relative Fläche II bis zur tiefsten Talbildung stufenweise vor sich gegangen ist, oft modifiziert durch Gletscherwirkung (Fig. 6).

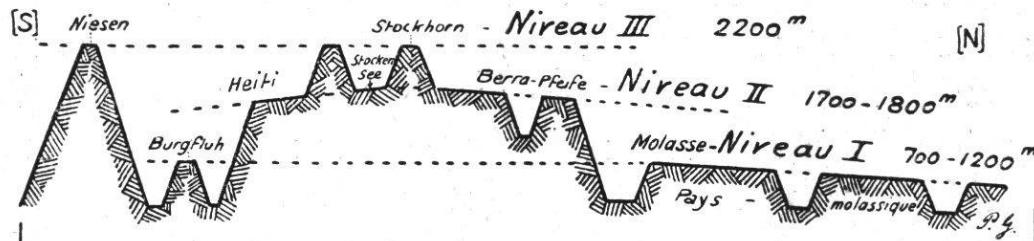


Fig. 6. — Schema der stufenweisen Eintiefung (mit den drei Erosionsflächenniveaux III, II, I.)

Wir haben davon abgesehen, auf unserer Karte der rekonstruierten Freiburger Stufenlandschaft, die Eintiefung in die Niveaufläche III (Stockhornflur) für das Gebiet der Stockhornkette selber durch Kurven anzugeben. Die wechselvolle Wirkung von Erosion, Denudation und Eiswirkung hat sich hier auf zu engem Raume abgespielt, als dass die Höhenkurven die Verhältnisse klar zum Ausdruck bringen könnten, wie dies bei den weiten Gebieten der Berrafläche und des Molasselandes der Fall war. Die nachfolgenden, graphischen Darstellungen der Talbildungsgeschichte des Stockhorngebietes werden uns dagegen erlauben, einen noch bessern Einblick in die stufenweise Eintiefung der Stockhornflur zu bekommen.

Graphische Studien über die Talbildung im Stockhorngebiet.

Die nachfolgenden Untersuchungen haben den Charakter einer *vorläufigen Mitteilung*. Seit vier Jahren studiere ich die Beziehungen zwischen Talbildungskurven und Morphologie der Stockhornkette (siehe Fussnote Lit. 5, p. 147). Um den Umfang der Arbeit nicht zu sehr zu vergrössern, begnüge ich mich für heute mit der generellen

Bearbeitung dieser Studien und behalte mir die definitive Ausarbeitung und Mitteilung für später vor.

Als spezielles Untersuchungsgebiet wählte ich die Stockhornkette von Wimmis bis zur Linie Hengstsense-Grenchen-Wüstenbach. Im S wird das Gebiet abgegrenzt von der Simme, im N von der Gantrischsense und der Gürbe und reicht im E bis an den Glütschbach und den Friedgraben. Als Kartenmaterial wurden verwendet, 4 aus dem 1:25 000 resp. 1:50 000 erhaltene photographische Vergrösserungen 1:10 000 der topographischen Karte.

Wir haben bereits früher bemerkt, dass die Darstellung der Talbildung durch Höhenkurven in diesem Gebiet nicht zum Ziele führt, weil die verschiedenen Erosionsflächenreste auf zu engem Raume vereinigt sind. Heim und Rütimeyer (Lit. 22 und 38) haben die Talterrassen im Tal der Reuss, der Linth und des Rheines in Querprofilen und Ansichtsskizzen dargestellt. E. Gogarten (Lit. 21) gibt 1910 eine interessante Beschreibung der Erosionsterrassen im Linthtal unter Benützung einer tabellarischen Zusammenstellung, Talprofilen und Querprofilen. Nach seiner literar-historischen Geschichte der Terrassen, ist de Saussure einer der ersten, welcher die Terrassen erwähnt und sie als Zeugen für die Talbildung anspricht. Beck (Lit. 5, p. 147) hat 1921 ein Verfahren angegeben, die Durchtalung durch sogenannte Talbildungskurven darzustellen, bei denen die Meereshöhen als Ordinaten, die Flächen zwischen den Höhenkurven als Abszissen-differenz (Zuwachs) aufgetragen werden. Er benutzte dazu die Aequidistanz 300 m, für welche Flächenrechnungen des eidg. hydrom. Bureau zur Verfügung standen.

Für meine Untersuchungen benutzte ich die Aequidistanz 30 m, entsprechend den Höhenkurven der topographischen Karte 1:50 000. Dadurch werden natürlich die Terrainverhältnisse viel schärfer erfasst als mit der Aequidistanz 300 m. Zunächst wurden auf den vergrösserten Karten 1:10 000 die Einzugsgebiete der einzelnen Flüsse und Bäche abgegrenzt und dann mit Hilfe eines Kompen-

sationsplanimeters, die je zwischen zwei aufeinander folgenden Kurven liegenden Flächen, für jedes Flussgebiet einzeln, bestimmt. Jede Einzelfläche wurde durch zweimaliges Umfahren mit dem Planimeter bestimmt. Zur Kontrolle wurde auch die Totalfläche der einzelnen Einzugsgebiete direkt berechnet und mit der Summe der Einzelflächen verglichen. Um die Resultate vom Einfluss der Papierverzerrung unabhängig zu machen, wurde der Inhalt der Quadratnetze der Karten mit dem Planimeter bestimmt und durch entsprechende Veränderung der Fahrarmlänge des Instrumentes Übereinstimmung mit dem richtigen Kartenmasstab erzielt.

Auf diese Weise sind im Stockhorngebiet die einzelnen Kurvenflächen für 41 Einzugsgebiete bestimmt worden. (Siehe Tabelle am Schluss.) Es war eine zeitraubende und ziemlich langweilige Geduldsarbeit! Bei den aus 1 : 25 000 erhaltenen Kartenvergrösserungen hätte man die kleinere Kurvenaequidistanz 10 m benützen können. Da aber für den grösseren Teil des Untersuchungsgebietes nur Vergrösserungen aus 1 : 50 000 zur Verfügung standen, zog ich vor, für die ganze Arbeit die Aequidistanz 30 m einheitlich zu verwenden. In den Felspartien wurde die Kurvenzeichnung für die planimetrische Berechnung möglichst ergänzt. Die Abgrenzung der Flussgebiete geschah nicht überall genau längs der heutigen Wasserscheide, sondern es wurde gelegentlich eine andere Grenzlinie gewählt, um die Altflächen einheitlicher zu erfassen. Dies hat natürlich auf das Gesamtresultat keinen Einfluss, dagegen hat es zur Folge, dass die Flächenangaben in der folgenden Tabelle nicht immer genau übereinstimmen, mit andern ähnlichen Berechnungen wie z. B. «Les Bassins fermés» von M. Lugeon et E. Jérémie (Lit. 28).

1. Profile mit aneinander gereihtem Flächenzuwachs.

Diese erste Serie von 41 Profilen wurde aufgetragen im Masstab: Höhen (Kurvenaequidistanz) 30 m = 5 mm

Zeichnung, Flächenzuwachs 10 ha = 1 cm Zeichnung. Um die Profile beliebig mit einander zusammen zu stellen und vergleichen zu können, habe ich sie einzeln auf Blätter aufgetragen und ausgeschnitten. Für alle Profile wurde dieselbe Vergleichsbasis 600 m genommen und die Zeichnung längs derselben abgeschnitten, so dass man durch einfaches Auf- oder Nebeneinanderlegen den Kurvenverlauf bequem vergleichen kann (Fig. 7).

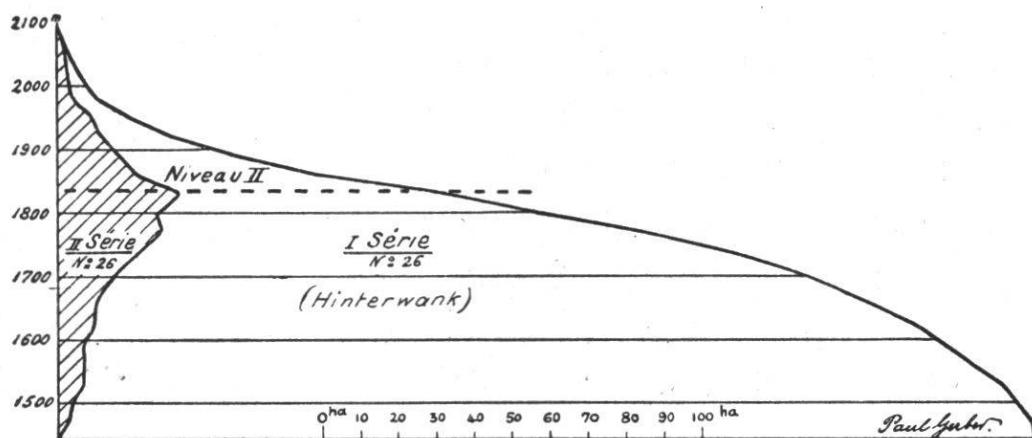


Fig. 7. — Talbildungsprofil Nr. 26 (« Hinterwank »).
Serie 1: (Kurve nicht schraffiert) = aneinander gereihter
Flächenzuwachs.
Serie 2: (Kurve schraffiert) = Flächenzuwachs einzeln.

Die Profile haben im allgemeinen folgende Normalform:

- Oberster Teil ist steil und konkav;
- Mittlerer Teil ist flach und konvex;
- Unterer Teil ist steil und konvex.

Das uns speziell interessierende *Heitinniveau* kommt in diesen Profilen infolge des dadurch hervorgerufenen grossen Flächenzuwachses als flaches Kurvenstück zum Ausdruck. Es ist sehr schön ausgeprägt in den Profilen:

| | | | |
|-------|---------------------|-------|-------------|
| Nº 1 | Neuenberg | Nº 28 | Im Kessel |
| Nº 2 | Weissenbach | Nº 29 | Talberg |
| Nº 7 | Heiti | Nº 30 | Walalp |
| Nº 10 | Nacki | Nº 31 | |
| Nº 12 | Nünenenberg | Nº 32 | |
| Nº 26 | Hinterwank (Fig. 7) | Nº 33 | Stockensee- |
| Nº 27 | Morgeten | Nº 34 | gebiet |
| | | Nº 35 | |

Bei genauer Betrachtung sämtlicher 41 Profile finden wir das Heitniveau in 75 % aller Talbildungskurven angedeutet.

2. Profile mit Flächenzuwachs einzeln.

Um die maximalen Flächenzuwachse noch besser in der Zeichnung zum Ausdruck zu bringen, habe ich zu jeder Talbildungskurve noch ein Profil der einzelnen Flächenzuwachse aufgetragen. Zu diesem Zwecke wurde auf dem gleichen Blatt die Meereshöhe der Einzelflächen als Ordinaten aufgetragen und die entsprechenden Einzelflächen

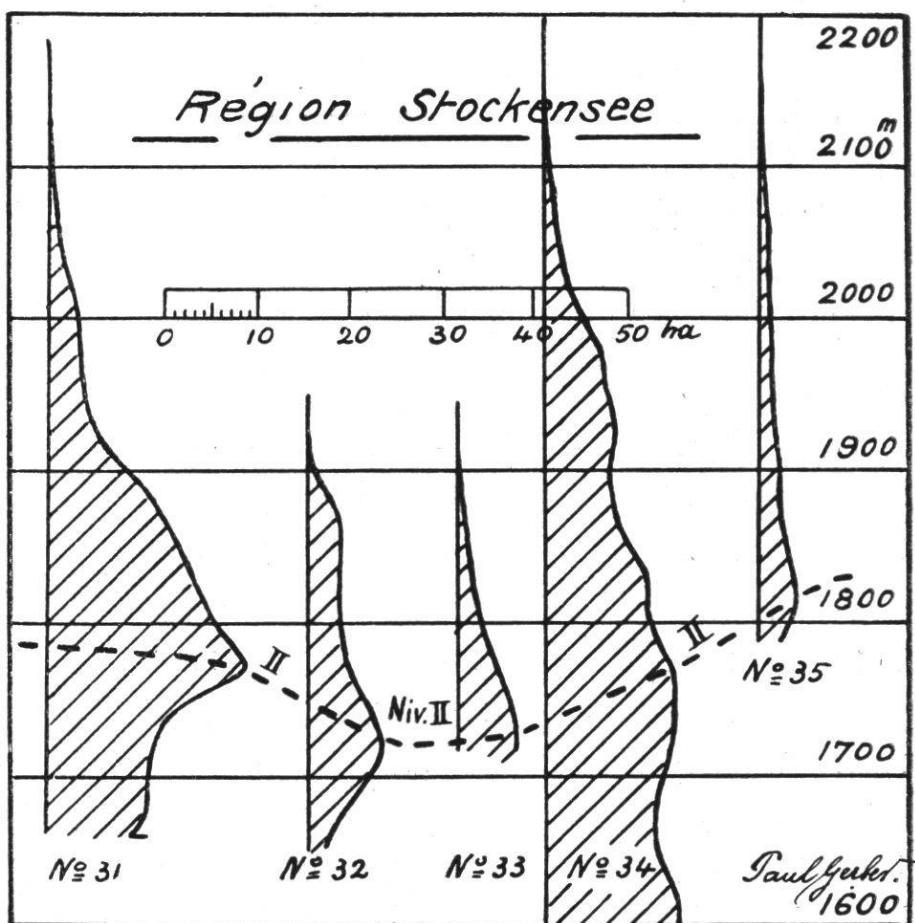


Fig. 8. — Talbildungskurven Nr. 31-35 des Stockenseegebietes.
(Serie 2 = Flächenzuwachs einzeln.)

als Abszissen. In den so entstandenen Profilen kommen namentlich die für uns wichtigen Änderungen des Flächenzuwachses gut zum Ausdruck. Sehr schön ist in dieser Darstellung das Heitniveau in № 2 Weissenbach, № 26 Hinterwank (Fig. 7) und № 31-35 Stockenseegebiet (Fig. 8),

ersichtlich. Im weiteren Verlauf meiner Untersuchungen habe ich diese zweite Profilserie fast allein benutzt und sie zur bessern Übersicht gruppenweise auf 2 Blättern dargestellt: (z. B. Fig. 8 = Stockenseegebiet).

Gruppe I. Simmentalseite: Neuenberg, Weissenbach, Bunschen, Géristein, Hausallmend, Thal, Heiti, Simmenfluh;

Gruppe Ia. Simmentalseite mit Stufenmündung: Klusi, Nacki;

Gruppe II. Simmentalseite aus dem Innern hervorbrechend: Bunschli;

Gruppe III. Gürbegebiet: Nünenerenberg, Nünenerfluh, Wirtneren, Blattenheid, Tschingel, Langenegggrat, Langeneggalp, Sulzgraben, Menschelenalp, Aelpital, Kummlifluh, Lindental, Rosenfluh, Günzenenalp;

Gruppe IV. Im Innern der Stockhornkette: Hinterwank, Morgeten, Im Kessel, Talberg, Walalp;

Gruppe V. Stockenseegebiet: (Fig 8) Ober Stockensee, Keibhorn, Schneeloch, Unter Stockensee, Kumqli;

Gruppe VI. Sensegebiet: Pochten, Grenchen, Alpiglenberg, Stierenberg, Schwefelberg, Gantrischberg.

Wenn man die Richtungsänderungen in diesen Profilen als wesentliche Veränderungen der Talbildungsbedingungen auffasst, so tritt ein starker *Parallelismus* innerhalb der *natürlichen Gruppen* hervor. Oft fehlen zwar die Analogien, weil sie durch besondere geologische Bedingungen nicht zustande kamen, oder später wieder verschwanden. Um zu sehen, ob, und in wie weit die geologischen Schichten Einfluss auf diese Richtungsänderungen haben, könnte man in diese Profilserie, wie in Gruppe I angedeutet, überall noch die geologischen Schichten einzeichnen. Die Weiterführung des Studiums der Richtungsveränderungen und der geologischen Schichten behalte ich mir eventuell für später vor.

3. Hauptgruppenprofile und Gesamtprofil.

Die Hauptgruppenprofile und das Gesamtprofil sind, wie diejenigen der vorhergehenden Serie, als Profile mit Flächenzuwachs einzeln aufgetragen (Fig. 9). Um möglichst gleiche Verhältnisse, wie Erosionsbasis, Niederschlagsmenge, usw. zusammenzufassen, wurden folgende 5 Hauptgruppen unterschieden:

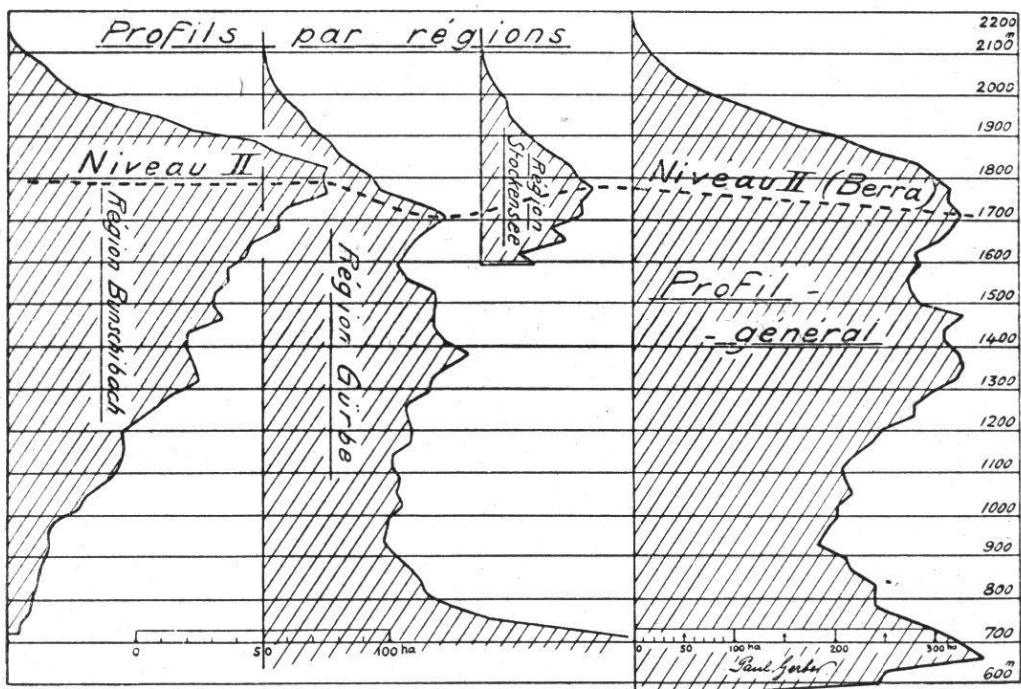


Fig. 9. — Hauptgruppenprofile und Gesamtprofil.
Serie 3 (Flächenzuwachs einzeln).

1. Simmentalhang, Gruppen I und Ia;
2. Sensegebiet, Gruppe VI;
3. Bunschibachgebiet, Gruppen II und IV (Fig. 9);
4. Gürbegebiet, Gruppe III, unter Weglassung von
Nº 22, 23, 24, 25 (Fig. 9);
5. Stockenseegebiet, Gruppe V (Fig. 9).

Beim Hauptgruppenprofil des Gürbegebietes wurden die Einzelgebiete Kummlifluh, Lindental, Rosenfluh und Günzenenalp nicht mit berücksichtigt, weil jene Gebiete allem Anschein nach, ganz starker, abnormaler Abtragung ausgesetzt waren.

Die Hauptgruppenprofile und das Gesamtprofil (Fig. 9) lassen das Berra-Heitniveau deutlich hervortre-

ten. Sie zeigen einen gewissen Parallelismus in der allgemeinen Eintiefung, die *stufenweise* erfolgt ist. Sehr ausgeprägt erscheint das Berra-Heiti-Hauptniveau im Profil *Bunschibachgebiet* und im Profil *Stockenseegebiet*. Das *Gesamtalbildungsprofil* lässt keinen Zweifel darüber auftreten, dass in der Stockhornkette eine *älteste Phase der Eintiefung bis auf 1500-1400 m hinab durchgehende weite Hochflächen geschaffen hat*, wenn auch mit gewissen Abstufungen.

Zusammenfassung über die graphischen Studien.

Aus den gemachten graphischen Studien ergibt sich, dass zum Studium der Talbildungsgeschichte mit Vorteil, neben gewöhnlichen Längen- und Querprofilen, Ansichten usw. aus den alten Erosionsflächen *Kurvenpläne* konstruiert werden, wie bei der *Freiburger Stufenlandschaft* gezeigt wurde, oder dass sogenannte *Talbildungskurven* zur Verwendung gelangen. Da wo infolge ungünstiger Verhältnisse die Konstruktion von Kurvenplänen nicht zum Ziele führt, bilden die auf *Grund sorgfältiger, planimetrischer Berechnungen aufgetragenen Talbildungsprofile, als Einzel-, Gruppen- und Gesamtprofile, ein wervolles Arbeitsmittel für morphologische Studien.*

Tabelle
des Flächenzuwachses
für die
Stockhornkette
in ha, von 30 zu 30 m Höhe

| Nr. | GEBIET | 2160 | 2130 | 2100 | 2070 | 2040 | 2010 | 1980 | 1950 | 1920 | 1890 | 186 |
|------------------------|----------------------------|------------|------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|---------------------|
| 1. | Neuenberg | — | — | — | — | 0,1 | 0,8 | 2,0 | 2,4 | 3,2 | 3,3 | 4, 7, 1, — |
| 2. | Weissenbach | — | — | — | 0,3 | 1,3 | 1,8 | 2,0 | 2,1 | 4,1 | 5,1 | — |
| 3. | Bunschen | — | — | — | — | — | — | — | — | 3,3 | 1,5 | — |
| 4. | Geristein | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5. | Hausallmend | — | — | — | — | — | — | — | 0,3 | 1,6 | 3,0 | 3, 0, 8 |
| 6. | Thal | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,2 | 0,5 | — |
| 7. | Heiti | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 8. | Simmenfluh | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 9. | Klusi | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,3 | 4,9 | 5,0 |
| 10. | Naki | — | — | — | — | — | 0,2 | 2,3 | 2,9 | 6,6 | 7,0 | 7,1 |
| 11. | Bunschli | — | — | — | — | — | — | 2,4 | 2,5 | 4,8 | 6,6 | — |
| 12. | Nünenenberg | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,3 | 0,4 |
| 13. | Nünenenfluh | 0,1 | 0,4 | 0,5 | 0,7 | 1,2 | 1,6 | 1,9 | 2,3 | 2,6 | 3,9 | 5,4 |
| 14. | Wirtneren | — | — | — | — | — | 0,1 | 1,2 | 1,4 | 2,8 | 4,6 | 4,4 |
| 15. | Blattenheid | — | — | — | 0,1 | 0,6 | 2,0 | 3,2 | 7,4 | 7,8 | 6,4 | 7,4 |
| 16. | Tschingel | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 17. | Langenegg-Grat | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 18. | Langeneggalp | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 19. | Sulzgraben | — | — | — | 0,1 | 0,5 | 1,8 | 3,5 | 3,2 | 3,3 | 2,9 | 3, 4, 0 |
| 20. | Mentschelenalp | — | — | — | — | — | — | 0,3 | 1,5 | 2,1 | 3,5 | 4,2 |
| 21. | Aelpital | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4,1 | 1, 4 |
| 22. | Kummlifluh | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,4 | 0,7 | 0,8 | 0,8 | 1,1 | — |
| 23. | Lindental | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 4,3 |
| 24. | Rosenfluh | — | — | — | — | — | 0,2 | 0,5 | 2,0 | 3,0 | 3,8 | 0,3 |
| 25. | Günzenenalp | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1 | — |
| 26. | Hinterwank | — | — | 0,1 | 1,7 | 2,4 | 2,8 | 3,9 | 8,8 | 11,2 | 16,2 | 20, 8 |
| 27. | Morgeten | — | 2,1 | 6,4 | 11,0 | 12,0 | 11,1 | 15,2 | 21,8 | 21,6 | 25,9 | 28, 4 |
| 28. | Im Kessel | 0,4 | 0,8 | 1,3 | 1,9 | 3,1 | 6,9 | 7,5 | 9,3 | 12,4 | 15,3 | 11, 3 |
| 29. | Talberg | — | — | — | — | — | — | 6,3 | 10,7 | 11,5 | 14,2 | 18, 6 |
| 30. | Walalp | 0,1 | 0,1 | 0,1 | 0,5 | 1,8 | 4,9 | 5,6 | 8,2 | 10,2 | 21,3 | 20, 8 |
| 31. | Ob-Stockensee | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,6 | 1,3 | 2,8 | 3,0 | 3,2 | 5,2 | 10,1 | 13, 3 |
| 32. | Keibhorn | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1 | 0,9 | 3, 1, 1 |
| 33. | Schneeloch | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,1 | 0,4 | 7, 5 |
| 34. | Unter Stockensee | 0,3 | 0,2 | 0,2 | 0,6 | 1,2 | 2,7 | 5,9 | 6,2 | 7,7 | 6,8 | 2, 2 |
| 35. | Kummlli | 0,1 | 0,2 | 0,4 | 0,5 | 0,9 | 1,1 | 1,5 | 1,6 | 1,9 | 2,2 | — |
| 36. | Pochten | — | — | 0,1 | 0,6 | 1,6 | 2,3 | 4,3 | 5,9 | 5,3 | 6,0 | 6, 5 |
| 37. | Grenchen | — | — | — | — | 0,1 | 1,0 | 2,0 | 2,1 | 2,9 | 3,4 | 4, 3 |
| 38. | Alpiglenberg | 0,1 | 0,2 | 0,6 | 2,9 | 4,1 | 7,3 | 7,4 | 7,8 | 7,4 | 6,9 | 1, 8 |
| 39. | Stierenberg | — | — | — | — | — | 0,4 | 2,7 | 1,8 | 1,4 | 1,2 | 10, 3 |
| 40. | Schwefelberg | 0,2 | 1,3 | 3,6 | 4,0 | 5,5 | 6,2 | 7,6 | 8,5 | 9,1 | 8,2 | 13, 1 |
| 41. | Gantrischberg | 0,2 | 1,1 | 2,2 | 3,8 | 4,3 | 5,8 | 8,0 | 9,2 | 10,3 | 10,7 | — |
| Total Stockhorngebiet | | 1,9 | 6,9 | 16,2 | 29,6 | 42,4 | 64,4 | 101,1 | 134,1 | 165,0 | 212,3 | 240,6 |
| Stockenseegebiet . . . | | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 1,7 | 3,4 | 6,6 | 10,4 | 11,0 | 15,0 | 20,4 | 27, 5 |
| Simmentalhang | | — | — | — | 0,3 | 1,4 | 2,8 | 6,3 | 7,7 | 19,3 | 25,3 | 28, 7 |
| Gürbegebiet | | 0,2 | 0,5 | 0,6 | 1,0 | 2,5 | 5,7 | 10,3 | 16,0 | 18,8 | 25,7 | 29, 0 |
| Sensegebiet | | 0,5 | 2,6 | 6,5 | 11,3 | 15,6 | 23,0 | 32,0 | 35,3 | 36,4 | 36,4 | 42, 4 |
| Bunschibachgebiet | | 0,5 | 3,0 | 7,9 | 15,1 | 19,3 | 25,7 | 40,9 | 61,3 | 71,7 | 99,5 | 107,0 |

| 1830 | 1800 | 1770 | 1740 | 1710 | 1680 | 1650 | 1620 | 1590 | 1560 | 1530 |
|-------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-----------------|--------------|-----------------|--------------|--------------|
| 5,8 | 6,5 | 6,6 | 8,3 | 9,9 | 8,6 | 7,7 | 9,7 | 6,9 | 5,1 | 5,1 |
| 9,9 | 10,7 | 12,7 | 12,3 | 14,2 | 13,6 | 8,2 | 4,8 | 5,1 | 5,7 | 4,3 |
| 1,8 | 1,9 | 2,2 | 3,1 | 3,3 | 4,0 | 4,0 | 4,3 | 4,8 | 4,4 | 4,1 |
| 0,1 | 0,5 | 1,5 | 2,6 | 2,1 | 2,2 | 3,0 | 3,8 | 5,3 | 5,2 | 6,2 |
| 3,0 | 5,5 | 6,3 | 5,0 | 6,7 | 8,1 | 8,5 | 9,7 | 9,1 | 10,1 | 11,5 |
| 0,8 | 0,8 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 1,1 | 1,8 | 3,4 | 3,9 | 4,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,4 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 4,2 | 3,6 | 3,2 | 3,5 | 3,1 | 3,3 | 4,2 | 4,2 | 6,2 | 6,7 | 8,1 |
| 6,6 | 6,6 | 8,0 | 8,4 | 8,0 | 9,1 | 9,2 | 9,1 | 12,1 | 9,6 | 12,0 |
| 7,5 | 9,2 | 11,1 | 12,5 | 13,2 | 15,4 | 19,7 | 22,2 | 22,4 | 24,8 | 24,2 |
| 0,7 | 1,4 | 2,1 | 10,9 | 13,6 | 12,6 | 7,8 | 4,0 | 2,8 | — | — |
| 6,3 | 12,5 | 10,4 | 13,0 | 16,8 | 14,1 | 7,4 | 1,7 | 0,2 | — | — |
| 6,0 | 4,8 | 4,0 | 6,4 | 5,7 | 2,9 | 2,7 | — | — | — | — |
| 9,4 | 9,4 | 12,1 | 9,9 | 11,3 | 9,9 | 10,8 | 12,3 | 9,1 | 7,4 | 7,5 |
| — | — | 0,1 | 0,4 | 1,0 | 0,8 | 2,4 | 9,4 | 9,2 | 11,8 | 20,1 |
| — | — | 0,2 | 0,4 | 0,8 | 1,1 | 1,4 | 1,5 | 2,1 | 5,9 | 7,4 |
| — | — | 0,1 | 0,6 | 0,7 | 1,2 | 1,2 | 1,6 | 2,1 | 2,3 | 3,1 |
| 3,8 | 3,5 | 3,3 | 4,2 | 4,1 | 4,0 | 5,1 | 4,1 | 4,0 | 4,0 | 4,0 |
| 4,6 | 5,3 | 5,6 | 5,8 | 5,4 | 5,4 | 5,8 | 6,5 | 6,7 | 8,7 | 9,2 |
| 5,3 | 5,8 | 7,8 | 11,0 | 13,1 | 13,9 | 14,5 | 15,2 | 16,0 | 16,0 | 16,5 |
| 2,0 | 2,3 | 2,5 | 2,6 | 2,7 | 3,6 | 4,2 | 4,4 | 3,8 | 3,7 | 3,7 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,2 |
| 4,4 | 4,8 | 4,2 | 4,3 | 4,4 | 4,5 | 4,5 | 4,7 | 5,0 | 5,0 | 6,0 |
| 0,3 | 0,4 | 0,6 | 0,6 | 1,0 | 1,9 | 3,4 | 5,3 | 6,4 | 7,5 | 8,0 |
| 32,4 | 26,3 | 28,0 | 22,6 | 16,8 | 12,6 | 10,3 | 10,3 | 7,2 | 7,3 | 7,4 |
| 26,8 | 21,9 | 21,4 | 20,4 | 22,2 | 22,6 | 19,3 | 16,3 | 11,7 | 11,1 | 11,0 |
| 13,7 | 15,8 | 14,8 | 8,3 | 7,6 | 1,2 | — | — | — | — | — |
| 20,0 | 21,1 | 20,7 | 19,8 | 17,4 | 21,7 | 21,2 | 22,0 | 23,4 | 23,2 | 21,3 |
| 25,9 | 29,0 | 29,6 | 27,3 | 28,8 | 33,4 | 25,5 | 23,2 | 21,6 | 20,4 | 17,6 |
| 15,7 | 17,6 | 21,5 | 13,2 | 10,9 | 10,4 | { 11,8s. 8,5 | — | — | — | — |
| 2,9 | 3,6 | 3,8 | 7,0 | 7,8 | 4,7 | 2,2 | — | — | — | — |
| 1,8 | 2,7 | 4,3 | 5,5 | { 1,2 6,6 | — | — | — | — | — | — |
| 11,0 | 10,6 | 13,4 | 13,3 | 13,6 | 11,9 | 11,9 | 14,2 | { 6,1s. 14,2 | — | — |
| 4,1 | 3,8 | 1,9 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 5,8 | 6,8 | 3,8 | 3,4 | 2,9 | 3,2 | 2,6 | 2,5 | — | — | — |
| 5,8 | 5,6 | 5,4 | 4,9 | 5,1 | 7,3 | 6,5 | 6,3 | 6,3 | 6,7 | 8,5 |
| 6,2 | 7,2 | 8,6 | 8,5 | 9,4 | 9,6 | 10,4 | 6,0 | 6,6 | 8,0 | 3,9 |
| 2,1 | 2,4 | 3,3 | 3,3 | 3,7 | 5,3 | 6,1 | 6,0 | 7,3 | 8,5 | 8,7 |
| 13,9 | 16,0 | 14,1 | 14,6 | 15,1 | 16,1 | 15,8 | 15,2 | 17,1 | 18,0 | 18,3 |
| 14,5 | 17,1 | 17,4 | 15,0 | 16,2 | 17,1 | 17,1 | 18,6 | 22,4 | 21,8 | 13,7 |
| 285,1 | 303,0 | 317,9 | 313,9 | 327,4 | 318,2 | 306,0 | 280,9 | 286,6 | 272,8 | 276,0 |
| 35,5 | 38,3 | 44,9 | 39,0 | 40,1 | 27,0 | 34,4 | 14,2 | 20,3 | — | — |
| 32,2 | 36,1 | 41,8 | 44,2 | 48,3 | 49,8 | 45,9 | 47,4 | 52,9 | 50,7 | 55,7 |
| 36,1 | 42,7 | 45,7 | 62,6 | 72,5 | 65,9 | 59,1 | 56,3 | 52,2 | 56,1 | 67,8 |
| 48,3 | 55,1 | 52,6 | 49,7 | 52,4 | 58,6 | 58,5 | 54,6 | 59,7 | 63,0 | 53,1 |
| 126,3 | 123,3 | 125,6 | 110,9 | 106,0 | 106,9 | 96,0 | 94,0 | 86,3 | 86,8 | 81,5 |

| 1500 | 1470 | 1440 | 1410 | 1380 | 1350 | 1320 | 1290 | 1260 | 1230 | 120 |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|
| 5,8 | 5,4 | 4,7 | 5,6 | 7,5 | 6,6 | 7,7 | 7,9 | 8,1 | 7,9 | 8, |
| 4,1 | 3,7 | 4,2 | 3,8 | 4,3 | 4,3 | 4,7 | 4,5 | 6,1 | 6,1 | 8, |
| 4,4 | 4,4 | 5,3 | 5,1 | 6,5 | 5,8 | 7,0 | 5,8 | 7,2 | 7,1 | 6, |
| 6,7 | 8,3 | 9,1 | 10,8 | 12,1 | 15,0 | 16,1 | 17,4 | 19,1 | 27,6 | 23,1 |
| 11,0 | 15,9 | 12,8 | 11,4 | 11,0 | 13,1 | 11,6 | 13,4 | 15,3 | 18,2 | 15,4 |
| 4,7 | 4,8 | 6,6 | 7,1 | 7,4 | 7,3 | 9,0 | 7,2 | 8,1 | 8,6 | 6,5 |
| 4,9 | 25,0 | 12,1 | 12,7 | 10,7 | 10,2 | 9,2 | 10,0 | 9,1 | 9,0 | 9,6 |
| — | — | 0,1 | 2,6 | 3,2 | 3,8 | 4,9 | 4,7 | 5,3 | 5,7 | 5,4 |
| 7,7 | 7,3 | 8,1 | 8,3 | 9,2 | 9,5 | 10,4 | 12,5 | 7,8 | 6,5 | 4,5 |
| 15,7 | 19,9 | 19,5 | 13,9 | 11,0 | 10,4 | 11,1 | 11,4 | 9,5 | 8,3 | 6,8 |
| 29,7 | 31,3 | 31,6 | 31,8 | 31,8 | 35,4 | 36,4 | 39,7 | 44,7 | 45,0 | 40,9 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 6,2 | 7,1 | 6,7 | 5,8 | 4,5 | 3,7 | 2,6 | 1,4 | — | — | — |
| 24,2 | 20,3 | 14,5 | 14,8 | 18,5 | 11,4 | 9,2 | 4,4 | — | — | 23,0 |
| 7,9 | 10,7 | 14,1 | 18,2 | 23,7 | 24,4 | 23,8 | 28,9 | 25,4 | 24,8 | 8,5 |
| 2,8 | 2,8 | 3,5 | 3,7 | 4,2 | 5,4 | 5,0 | 5,4 | 6,1 | 7,4 | 3,2 |
| 2,9 | 3,5 | 3,7 | 4,6 | 4,4 | 3,6 | 3,2 | 2,6 | 3,1 | 2,9 | 9,6 |
| 8,7 | 9,4 | 11,1 | 10,2 | 12,3 | 9,9 | 8,6 | 8,4 | 7,6 | 8,0 | — |
| 15,0 | 13,1 | 14,2 | 14,2 | 13,5 | 13,7 | 13,7 | 13,7 | 13,8 | 13,8 | 13,8 |
| 4,6 | 4,6 | 5,3 | 4,9 | 3,8 | 2,0 | 1,3 | 0,2 | — | — | 7,8 |
| 1,7 | 1,6 | 2,7 | 3,0 | 4,2 | 7,8 | 11,5 | 10,5 | 9,0 | 8,3 | 7,0 |
| 6,7 | 7,2 | 7,3 | 7,3 | 7,4 | 7,3 | 7,3 | 7,3 | 7,2 | 7,1 | 20,6 |
| 9,3 | 12,7 | 17,3 | 16,1 | 17,0 | 18,6 | 19,4 | 18,1 | 22,4 | 23,0 | — |
| 4,4 | 3,8 | 0,4 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11,9 | 13,0 | 1,6 | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 0,9 |
| 19,2 | 19,7 | 17,9 | 18,5 | 17,5 | 17,4 | 16,5 | 9,7 | 5,2 | 2,2 | 0,9 |
| 15,7 | 17,3 | 18,6 | 19,3 | 22,6 | 20,9 | 21,9 | 14,5 | 8,1 | 3,3 | 1,9 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 9,2 | 9,4 | 8,6 | 8,0 | 7,6 | 9,4 | 7,9 | 5,2 | 4,6 | 2,9 | — |
| 3,8 | 5,0 | 2,3 | 1,3 | 1,0 | 1,0 | 0,9 | 1,0 | 1,2 | 0,8 | 14,7 |
| 10,4 | 12,7 | 12,5 | 14,2 | 20,1 | 23,2 | 24,9 | 25,2 | 23,1 | 23,1 | — |
| 16,2 | 20,0 | 24,3 | 19,0 | 19,4 | 26,0 | 14,9 | 6,1 | 2,5 | 1,2 | — |
| 10,3 | 9,7 | 9,3 | 12,7 | 8,0 | 2,1 | — | — | — | — | — |
| 285,8 | 329,6 | 310,2 | 308,9 | 324,4 | 329,2 | 320,7 | 297,1 | 279,6 | 278,8 | 246,6 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 65,0 | 94,7 | 82,7 | 81,3 | 82,9 | 86,0 | 91,7 | 94,8 | 95,6 | 105,0 | 94,7 |
| 67,7 | 66,9 | 67,8 | 71,5 | 81,8 | 72,1 | 66,1 | 64,8 | 56,0 | 56,9 | 58,1 |
| 49,9 | 56,8 | 57,0 | 55,2 | 56,1 | 61,7 | 48,6 | 37,5 | 31,4 | 28,0 | 14,7 |
| 80,9 | 85,1 | 70,1 | 69,6 | 71,9 | 73,7 | 74,8 | 63,9 | 58,0 | 50,5 | 43,7 |

| 840 | 810 | 780 | 750 | 720 | 690 | 660 | 630 | 600 | 570 | Total |
|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|--------------|-------------|----------------|
| 21,7 | 3,5 | 3,8 | — | — | — | — | — | — | — | 288,1 |
| 8,2 | 14,2 | 11,0 | — | — | — | — | — | — | — | 300,4 |
| 21,4 | 12,9 | 13,1 | 21,1 | — | — | — | — | — | — | 293,7 |
| 25,2 | 28,6 | 24,4 | 47,6 | 52,0 | 13,8 | — | — | — | — | 691,5 |
| 14,5 | 17,6 | 22,2 | 27,0 | 30,6 | 25,6 | 15,8 | — | — | — | 585,8 |
| 21,4 | 34,3 | 19,0 | 13,2 | 16,4 | 25,2 | 27,6 | — | — | — | 371,7 |
| 12,0 | 14,4 | 15,1 | 16,0 | 16,4 | 17,0 | 50,1 | 38,1 | — | — | 390,4 |
| 8,9 | 9,4 | 9,7 | 12,1 | 12,1 | 13,8 | 14,1 | 34,2 | 10,6 | 1,4 | 228,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 168,7 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 285,0 |
| 11,1 | 9,0 | 9,0 | 4,1 | 3,7 | — | — | — | — | — | 942,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 58,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 103,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 47,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 182,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 172,5 |
| 24,5 | 20,0 | 25,6 | 28,4 | 41,7 | 58,4 | 63,0 | — | — | — | 789,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 79,1 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 118,7 |
| 8,5 | 13,0 | 16,0 | 16,8 | 24,1 | 16,5 | 13,8 | — | — | — | 380,7 |
| 29,5 | 30,4 | 33,8 | 45,2 | 62,4 | 98,3 | 85,7 | 40,6 | — | — | 897,1 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 68,4 |
| 7,0 | 8,0 | 7,0 | 7,0 | 9,6 | 15,7 | 20,4 | 66,5 | 5,2 | — | 288,0 |
| 7,0 | 7,0 | 7,4 | 7,4 | 9,6 | 8,6 | 8,1 | 8,6 | 16,5 | — | 296,2 |
| 19,4 | 19,0 | 22,5 | 24,5 | 25,9 | 36,7 | 51,0 | 62,6 | 208,4 | 31,3 | 904,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 257,7 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 386,7 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 131,6 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 438,4 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 521,4 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 149,8 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 36,4 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 23,7 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 159,5 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 22,4 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 63,6 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 157,0 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 153,8 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 282,5 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 388,3 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | 311,7 |
| 240,3 | 241,3 | 239,6 | 270,4 | 304,5 | 329,6 | 349,6 | 250,6 | 240,7 | 32,7 | 12413,5 |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 133,3 | 134,9 | 118,3 | 137,0 | 127,5 | 95,4 | 107,6 | 72,3 | 10,6 | 1,4 | — |
| 62,5 | 63,4 | 75,4 | 90,4 | 128,2 | 173,2 | 162,5 | 40,6 | — | — | — |
| — | — | — | — | — | — | — | — | — | — | — |
| 11,1 | 9,0 | 9,0 | 4,1 | 3,7 | — | — | — | — | — | — |

